

OHM 电子爱好者读物

电子电路与 电子技术入门

〔日〕新电气编辑部 编



科学出版社
www.sciencep.com

(TN-0463.0101)

责任编辑 崔炳哲

责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平

封面设计 李 力

◇◇◇◇◇◇◇◇ 内 容 简 介 ◇◇◇◇◇◇◇◇

“OHM 电子爱好者读物”系列共有 6 本, 涉及电子电路、电子机械、电子控制、数字电路、机电一体化、电子技术等。本系列以初学者为对象, 以实用技术为重点, 利用丰富的插图, 甚至建立模拟教室以对话的形式、通俗易懂地介绍相关内容。阅读本系列的读者最好边学习边实践, 以使所学知识变成自己有用的技能。

本书是“OHM 电子爱好者读物”之一, 共分两章。第 1 章主要介绍基本电路元器件的电阻器、电容器等特性, 并阐述作为电子电路基础的电源电路、放大电路等; 第 2 章则特别挑选出实际的晶体管电路, 从它的基本电路到实际应用进行较系统的介绍, 并给出了 13 种实用电路的电子技术工作“套餐”。

本书适合作为职业技术类教材, 亦可作为企业技术人员的初级培训用教材。

OHM 电子爱好者读物

电子电路入门

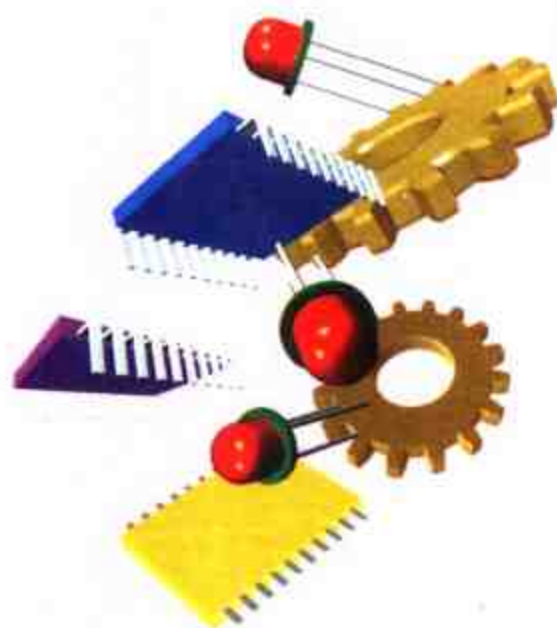
数字电路入门

电子机械入门

电子电路与电子技术入门

电子控制入门

机电一体化入门



ISBN 7-03-011180-X



9 787030 111807 >

ISBN 7-03-011180-x

定 价: 20.00 元

TN
2X

OHM电子爱好者读物

电子电路与 电子技术入门

〔日〕新电气编辑部 编
葛 璜 译

科学出版社
北 京

图字：01-2003-0410 号

Original Japanese language edition

Hajimete Manabu Denshi Kairo to Electronics Kousaku Nyumon

Edited by Shindenki Henshubu

Copyright © 2002 by Ohmsha, Ltd.

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese version published by Science Press, Beijing

Copyright © 2003

All rights reserved

初めて学ぶ

電子回路とエレクトロニクス工作入門

オーム社 2002 第1版第1刷

图书在版编目(CIP)数据

电子电路与电子技术入门/(日)新电气编辑部编;葛璜译. —北京:科学出版社,2003
(OHM 电子爱好者读物)

ISBN 7-03-011180-X

I. 电… II. ①新…②葛… III. ①电子电路-基本知识②电力电子学-基本知识
IV. ①TN710②TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 011121 号

责任编辑 崔炳哲 责任制作 魏 谨

责任印制 刘士平 封面设计 李 力

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社发行 各地新华书店经销

2003 年 5 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2003 年 5 月第 一 次印刷 印张: 12 1/4

印数: 1 5 000 字数: 212 000

定 价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

前 言

电子技术已经渗入到所有的产业,并得到了充分的利用。因此,可以毫不夸张地说:从事任何产业的人都必须掌握电子技术的基本知识。

我们在编写本书的时候,特别注意了以下三点:

1. 由于人们都有电气、电子的理论高深莫测的印象,所以写作时特别注意使文字叙述通俗易懂。

2. 收集了大量图表和插图,注意图文并茂,使读者阅读本书时没有枯燥的感觉,进而,对图表也给以说明,使读者看到图就能理解内容。

3. 对于所有的项目,不仅仅叙述理论,而且介绍实际制作,从实验中巩固理论,同时也介绍了在实践过程中会遇到的各种问题。

因此,各位读者在阅读本书后,自己动手组装电路、进行实践,能够牢固掌握这些知识,使其变成自己的本领。

本书的读者对象是在工业高职高专学校或者企业等领域,想学习电子电路基础知识的各方人士。

在本书第1章中介绍基本电路元件的电阻器、电容器等的特性,阐述作为电子电路基础的电源电路、放大电路等。

在第2章中,特别挑选出实际的晶体管电路,从它的基本电路到实际应用电路进行较系统的介绍,给出了13种实用电路的电子技术工作“套餐”,希望能被各位读者所利用。

期望读者通过本书的学习,能够掌握电子电路的基础知识和晶体管工作的基础知识,能够对各自的工作有所裨益。

主编 全国工业学校校长协会顾问 岩本 洋

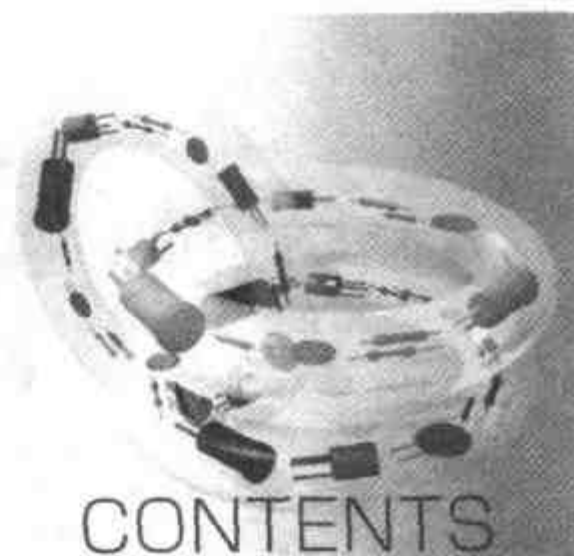
本书的执笔分工如下:

第1章 国立明石工业高等专科学校 堀 桂太郎

原东京都立藏前工业高等学校 森田克己

第2章 广岛 ELECOM 株式会社/电子技术成套元器件研究会

目 录



第 1 章 电子电路的基础知识

1 熟悉电路图——简单电路图的读法和画法	2
2 电阻器的选择方法——色标的读法	8
3 电容器的特点	14
4 万用表的使用方法 与其学习原理不如习惯其用法	20
5 了解发光二极管(LED)——熟练使用 LED	28
6 活用 LED——求出限流电阻	35
7 示波器的使用方法 ——用波形观察看不见的“电”	42
8 二极管和晶体管的工作原理	48
9 晶体管的特性	55
10 电源整流电路的结构	61
11 晶体管放大电路	68
12 晶体管应用电路——学习使用传感器	74

第 2 章 电力电子技术入门



1 实验装置用±4~18V 稳压电源的制作	82
2 可变型 3 端调节器(使用 LM317、LM337)实验用电源的制作方法	86
3 镍镉电池用 500mA 恒流式充电器的制作	90
4 晶闸管式 10A 恒流型充电器的制作方法	101
5 5V/2A 开关式稳压电源(使用 μ A723)的制作方法	108
6 4~13V/2A 开关式稳压电源(使用 SG3524)的制作方法	114
7 5V/5A 开关电源的制作方法	119
8 电源转换器 DC12V→AC100V50Hz/60Hz 正弦波输出 40W 转换器 的制作方法	129
9 电源转换器 DC12V→AC100V50Hz/60Hz 正弦波输出 100W 转换器 的制作方法	143
10 温度传感电路的制作方法和调整方法	154
11 测量水溶液电导率(溶液的电阻值)的传感电路的制作及调整方法	159
12 功率因数或无功功率(无功电流)传感器的制作	165
13 播放顺序发生器的制作方法	172

第 1 章

电子电路的基础知识



本章的学习内容

最近，应用电子技术的装置以惊人的速度发展着，看看我们的周围就能发现，微型计算机、电视机、CD机、录像机、钟表等各式各样的电子制品随处可见。

另外，在车床、镗床等机械领域里，常常见到将“机械”一词与利用电子技术控制各部分功能的“电子控制”一词结合而组成的“机电一体化”这一新名词。

这种机电一体化的电子技术应用非常广泛，可以预见，今后它也将迅速发展构成这种电子技术核心的，是二极管、晶体管等半导体器件和由这些元器件构成的电子电路。

作者认为，自己动手制作大量简单的电子电路是学习电子电路的最好方法。因此，在这一章中，我们以能够制作电子电路为目标，介绍在电子电路中经常使用的电阻等部件的结构、电学性质、用途等知识；进一步，再介绍万用表、示波器的使用方法，以及二极管、晶体管等半导体器件在电子电路中的作用等。

森田克己 堀 桂太郎

1

熟悉电路图

——简单电路图的读法和画法



熟悉电路图

“我多想有一辆摩托车,在公路上尽情的飞奔。心爱的摩托车终于到手了,我一定把它擦的锃亮锃亮……”。这种得到心爱之物的兴奋与满足是短暂的,一过了那个时期,为了提高它的性能,就要更换部件,改造它,感兴趣的部位就变了。我们周围也有很多人开始不满足于市场上销售的电器设备,思考着能不能发出更美妙的声音,能不能用计算机控制等。

给这些人指明道路的~~不是~~地图,而是标明电流路径的电气-电子的电路图。地图利用各种符号、各种颜色的线,清楚地向我们传达各种各样的信息,电路图也一样。下面,先介绍在电子设备的电路图中经常使用的表示部件的图形符号、连接各部件的线路符号等。

电路图和图形符号

图 1 是用导线将电池、灯泡、开关连接起来的实物布线图,即“一旦接通电路,灯泡就亮”的最基本的电路。如图 1 所示,用实物图表示的电路图称为实物布线图。

实物布线图,若是简单的电路,则容易理解;但是对于较复杂的电路,则不仅难于理解,而且画电路图也很费时间。为此,将各种各样的部件符号化,用电气图形符号表示电路的结构则简明易懂。图 2 是用图形符号表示的图 1 所示的点灯电路。

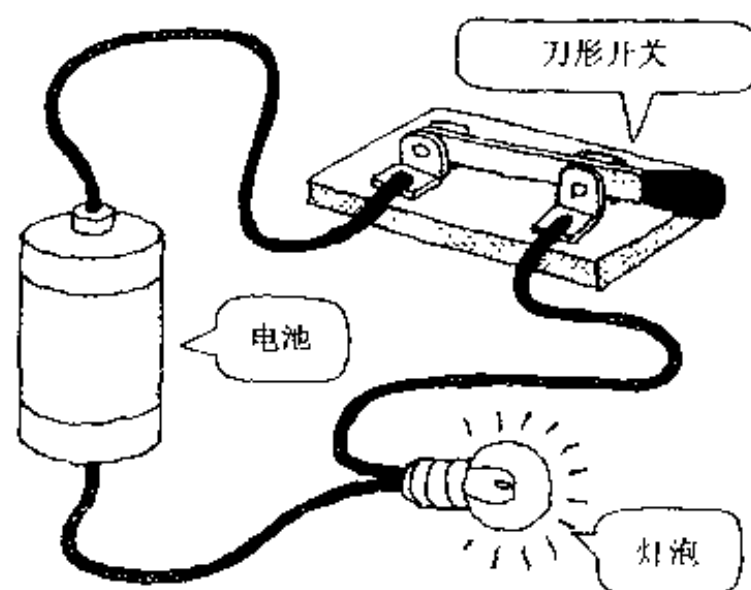


图 1 实物布线图

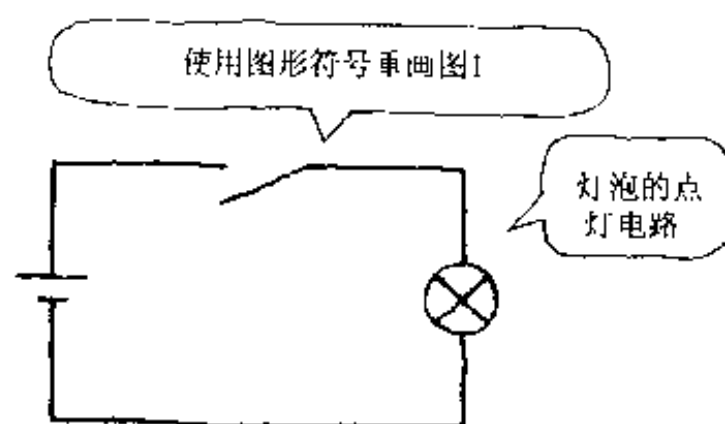


图 2 用图形符号表示的电路图

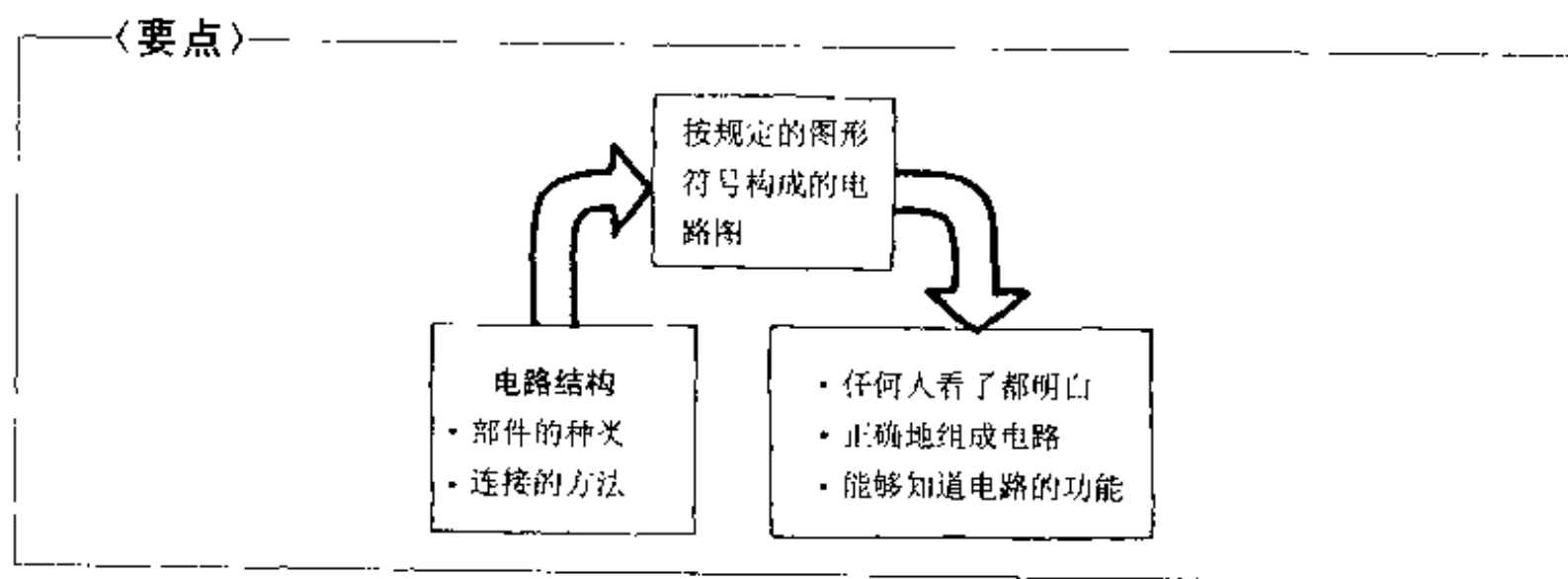
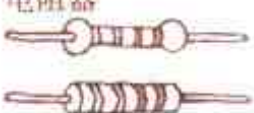


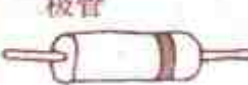



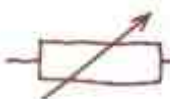
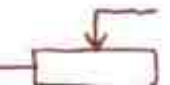




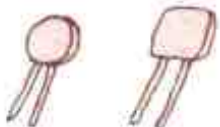
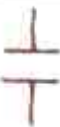

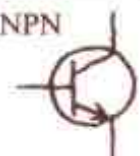




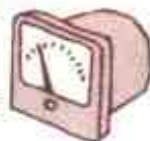




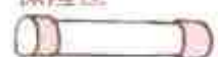









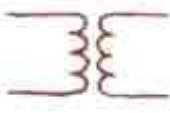
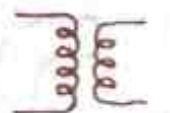

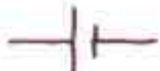
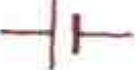











表 1 所列为经常使用的电路符号(如果与图形符号一并记忆,则更容易理解)和图形符号,图形符号也简称为符号。

图形符号一般使用易于理解的、易于与其他部件区别而又容易书写的符号。图形符号在同一电路图内使用统一的尺寸。

表1 主要的电气用图形符号

部件名	符号	新图形符号	旧图形符号	部件名	符号	新图形符号	旧图形符号
电阻器 	R			二极管 	D		
可变电阻器 	VR	 	 	发光二极管 	LED		
电容 	C			晶体管 	Tr	 NPN	 PNP
电解电容器 	C			电压表 电流表 	V A	 	
可变电容器 	VC			保险丝 	F		
线圈 	L			灯泡 	L		
变压器 	T			电池 	E		 
开关 	S			扬声器 	SP		
按钮开关 (自动复原) 	S						

JIS(日本工业标准)的图形符号在1999年修订过。本书第1章中使用的是新图形符号(JIS C0617)。第2章中,有一部分使用的仍是旧图形符号(旧JIS C0301)。

模型信号机的电路图

现在,我们来研究图 3 所示的模型信号机的电路,该电路基本上是由 3 个图 1 中所示的灯泡开关电路组合而成。将实物布线图(参见图 3)画成如图 4 所示的电路图,由图可知,很难看懂这样的电路图 中的布线。

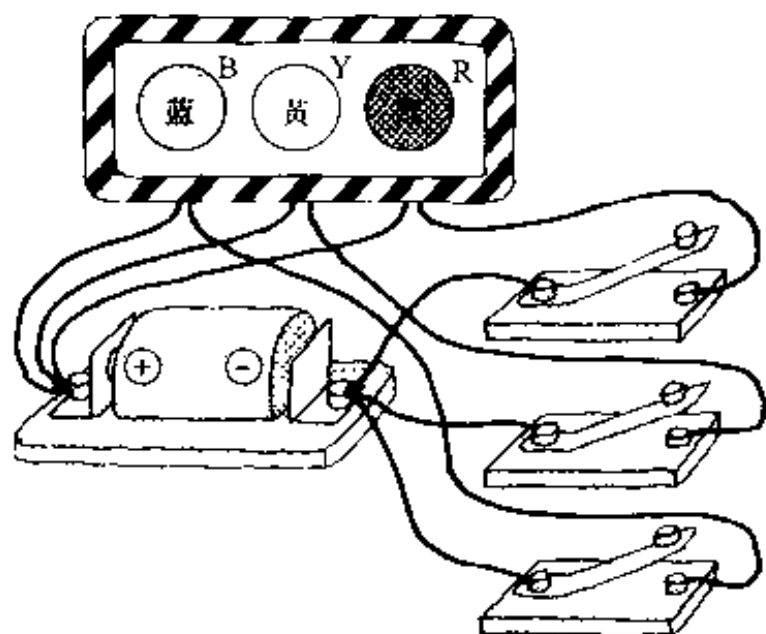


图 3 模型信号机的电路

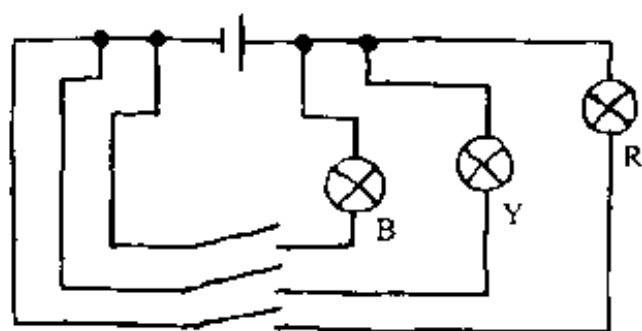


图 4 图 3 的电路图

因此,像图 5 那样对开关进行改进,将布线也整理整齐,电路图就变得清晰明了起来(参见图 6)。将开关部分进一步改进,制成图 7 那样的旋转型,信号机的操作性能就大大改进。图 8 示出了用旋转型开关的电路图。

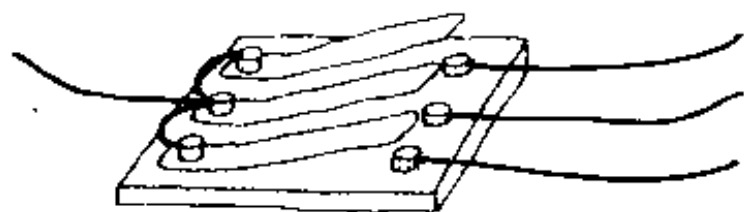


图 5 开关的改进

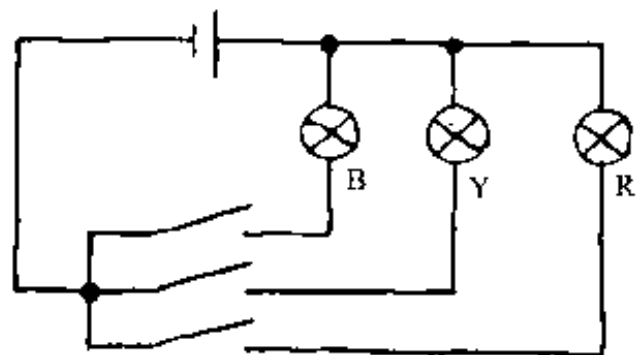


图 6 图 5 的电路图

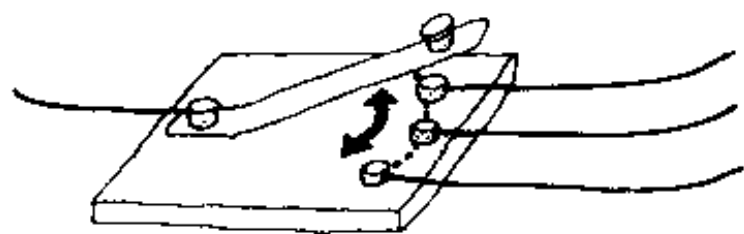


图 7 旋转型开关

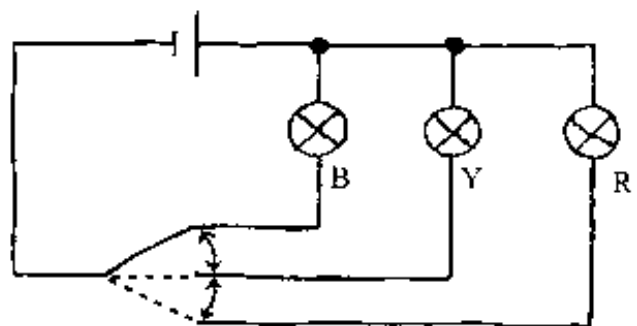


图 8 图 7 的电路图

// 第1章 电子电路的基础知识

由上述可见,深入分析电路图对改进电路结构非常有用。下面就绘制电路图的规则进行小结。

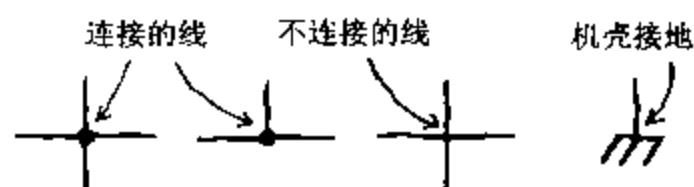


图9 导线的交叉和地线的表示

导线的交叉部和接地的表示方法

如图9所示,电路图中导线交叉时是否连接是用小黑点的有无来区别的。接地的表示方法则如图9中右端所示。

信号的传输和图形符号的配置

如图10所示,图形符号的配置是根据信号的流动、电流的流动等动作的顺序从左到右展开的。一般地,(+)侧的导线画在电路图的上侧,(−)侧的导线画在电路图的下侧。

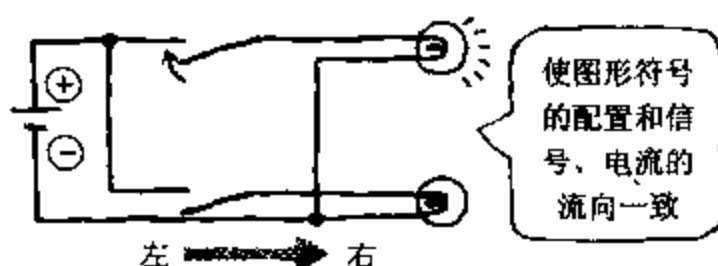


图10 电路图的表示方法

地线的使用

图11示出了图10所示电路结构共用地线的情况。为了简化表示电路,经常使用这种方法。

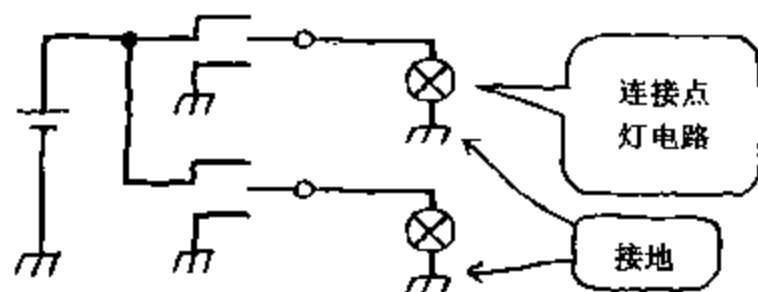


图11 将地线作为线路使用的电路图

包含集成电路(IC)的电路

图12是利用IC(74LS00)的LED点灯电路。在这样使用IC的情况下,如图13所示,根据该IC的引脚配置进行电路连接。如图14所示,IC的1号引脚有IC接入标记。

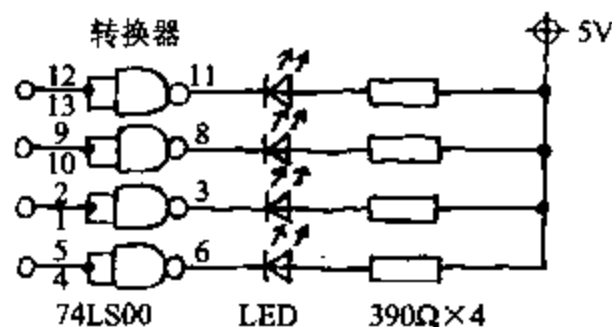


图12 包含IC的电路图

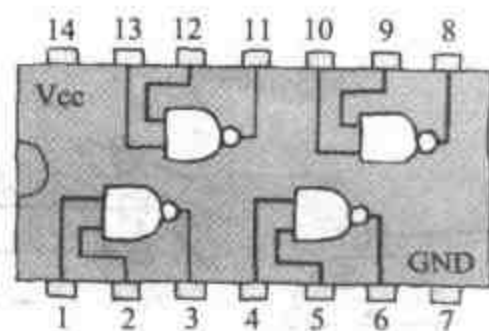


图13 74LS00的引脚配置

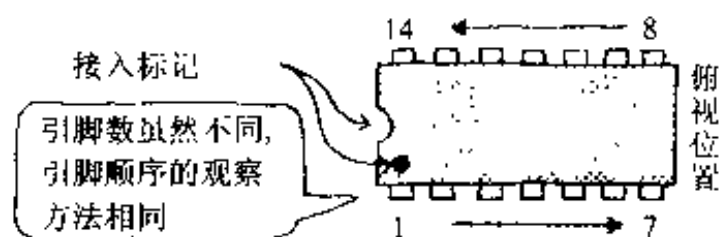


图 14 IC 的 1 号引脚的看法

电路图和实物布线图

图 15 所示是使用继电器控制交流 100V 灯泡的简单的点灯电路。图 16 为图 15 的实物布线图，相互对照即可以清楚地理解图形符号的画法及表示方法。通过控制流经继电器的电流的通(ON)、断(OFF)，就可以控制流过灯泡的电流。

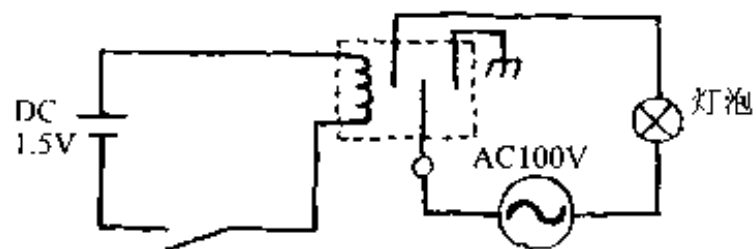


图 15 点灯电路

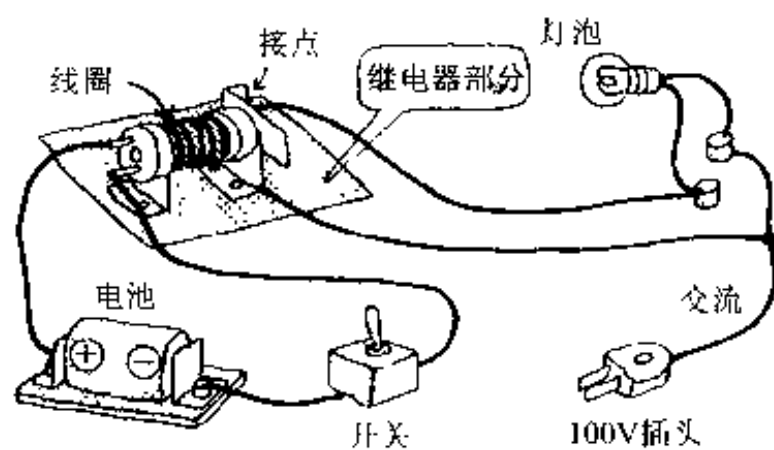


图 16 点灯电路的实物布线图

虽然实际使用的电路图中部件很多，电路也很复杂，但是，只要牢牢掌握图形符号，即使再复杂的电路也能读懂，最最重要的是孜孜不倦地学习。

练习题

1. 图 15 中继电器起什么作用？
2. 何谓 IC？

解答

1. 用流经继电器的小电流控制点灯电路的大电流。
2. 由于是把集成化的晶体管等构成的电子电路收纳在小型的管壳中，所以称为集成电路(IC 是 Integrated Circuit 的简称)。

2

电阻器的选择方法

——色标的读法



电子电路和零部件

打开电视机、组合音响等的后盖看一看它的内部,就能够看到各种各样的电子电路元器件满满的安装在基板上组装在一起的样子。也许是为了最合理的利用有效空间吧,如图 1 所示,就像在航空摄影中看到的住宅用地上密集的住宅群一样,电阻、晶体管、电容等零部件密密麻麻地排列在基板上。仔细观察一下这些电子电路的零部件,就会发现,其中包括:

- 电阻 ($150\text{k}\Omega$ 、 $2\text{k}\Omega$ 、 100Ω)
- 电容 ($10\mu\text{F}$)

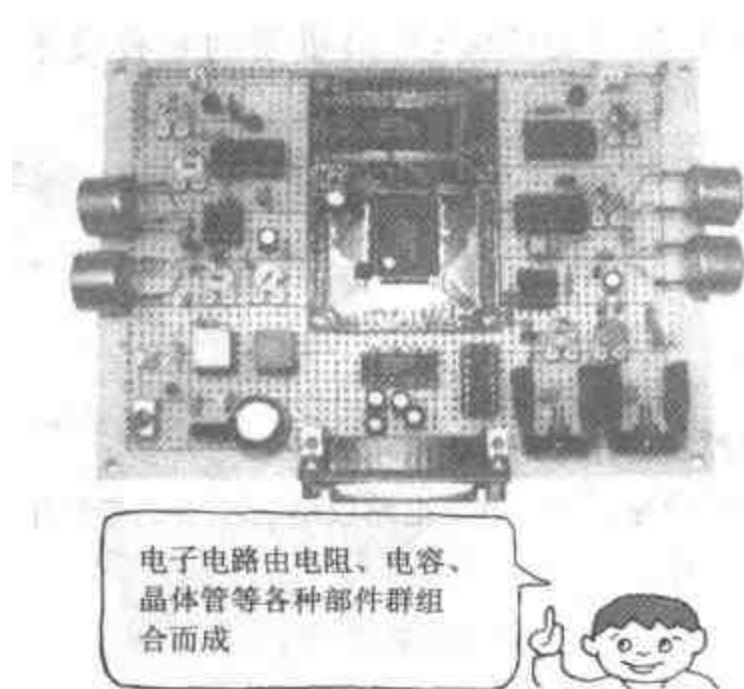


图 1 电子电路的部件群

- 电解电容 ($2.2\mu\text{F}$ 、 $47\mu\text{F}$)
- 二极管、晶体管、线圈等。

这里,对在基本电子电路中大量使用的电阻的特性、种类、选择方法及使用上的注意事项等做一个说明。

电阻器的作用

电阻器,正如它的名字所表示的那样,是阻碍电流在电路中流动的元件。利用电阻器的这种性质,能够调整使晶体管、IC(集成电路:利用单一的半导体晶体,将许多晶体管等元器件集成化而成的电子电路)、发光二极管等工作所必须的电压和电流的大小。

电阻器在电路中虽然不是像 IC、晶体管那样引人注目,但是对于驱动 IC、晶体管等却是不可缺少的元件。电子电路中无不存在电阻器,电阻器的使用范围甚广。一般情况下,电阻器也称作电阻。

电阻器的种类和性质

将电阻分类时,可把电阻分为电阻值固定的固定电阻和能改变电阻值的可变电阻器。表 1 示出了主要用于电子电路中的各种电阻。也可以如表 2 所示那样,按照 JIS 根据电阻的材料或者使用目的对电阻分类。使用的时候,请按标准规格表仔细了解它的性能、特征后再使用。

表 1 在电子电路中使用的各种电阻器




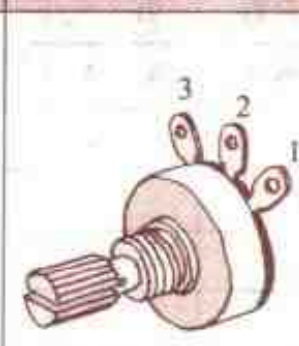
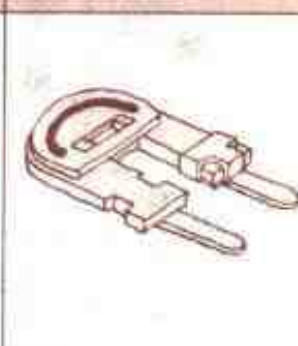
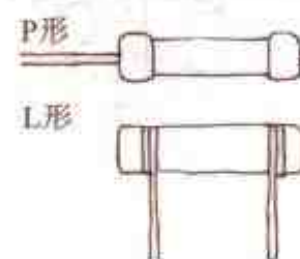
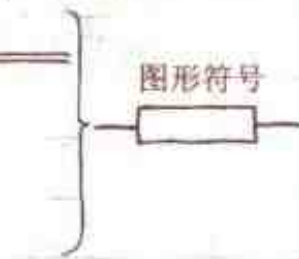
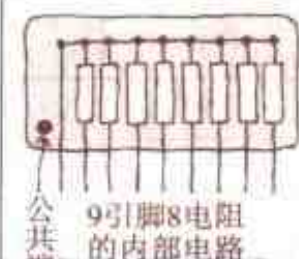
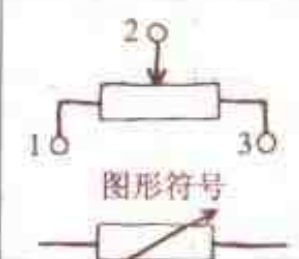
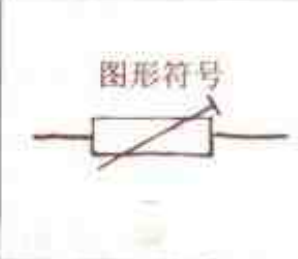
碳膜电阻	金属膜电阻	集成电阻	可变电阻器	半固定电阻器
 <p>碳膜 调整用槽 陶瓷圆筒 绝缘涂料</p>	 <p>金属膜 槽 陶瓷圆筒 绝缘涂料</p>	 <p>330Ω 9引脚8电阻</p>		
在陶瓷圆筒上附着碳膜,在碳膜上设有调整电阻值用槽。廉价产品	在陶瓷圆筒上蒸镀 Ni-Cr 等金属膜,在金属膜上有调整电阻值的槽	将多个电阻收纳在一个管壳中,使用在 IC 电路等中	使旋转轴在电阻体上旋转,能够改变电阻值	用改锥等调整到规定的电阻值,然后将电阻值固定使用
 <p>P形 L形</p>	 <p>图形符号</p>	 <p>公共端 9引脚8电阻的内部电路</p>	 <p>图形符号</p>	 <p>图形符号</p>

表2 电阻器的种类(按照 JIS)

符 号	电阻材料
RD	碳膜
RN	金属膜
RS	金属氧化膜
RC	碳系混合体
RK	金属系混合体
RW	电阻线(功率型)
RB	电阻线(精密型)

在电路图上没有特别指定的情况下,可以使用廉价的、最普通的碳膜电阻



小型电阻器的色标

固定电阻器中,由于在电子电路中使用的电阻器上没有地方用数字表示电阻值和电阻值容许误差的空间,在电阻器外侧的绝缘体上涂有称为色标的色带,用色标来表示电阻值等参数。

为了读取用色标表示的电阻值,必须牢牢记住表3所示的色标和数字间的规则。当你习惯后,对于经常使用的电阻值的色标,只要看一眼就能立刻知道它的电阻值。

自色标由 JIS 确定后,任何公司所用色标都相同。

表3 色标表

颜 色	第1色带	第2色带	第3色带	第4色带	第5色带
	第1数字	第2数字	第3数字	第4数字	第5数字
黑	0	0	0	10^0	
棕	1	1	1	10^1	$\pm 1\%$
红	2	2	2	10^2	$\pm 2\%$
橙	3	3	3	10^3	
黄	4	4	4	10^4	
绿	5	5	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8		$\pm 0.05\%$
白	9	9	9		
金				10^{-1}	$\pm 5\%$
银				10^{-2}	$\pm 10\%$



电阻值的读取方法是：首先，如图 2 所示那样识别色标的第 1 色带，然后，如图 3、图 4 所示的 4 色表示、5 色表示的例子那样，读取电阻值。

① 找到第 1 色带

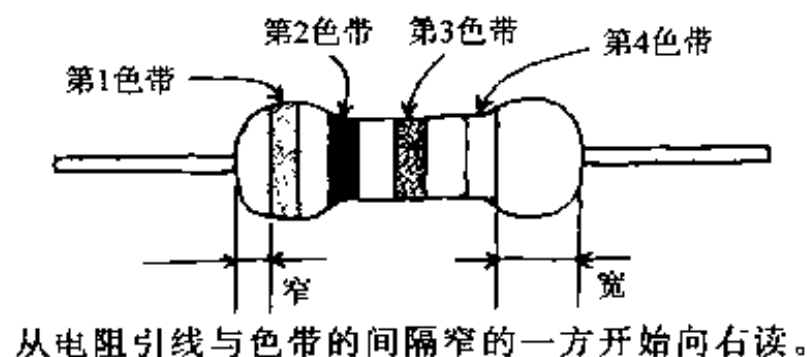
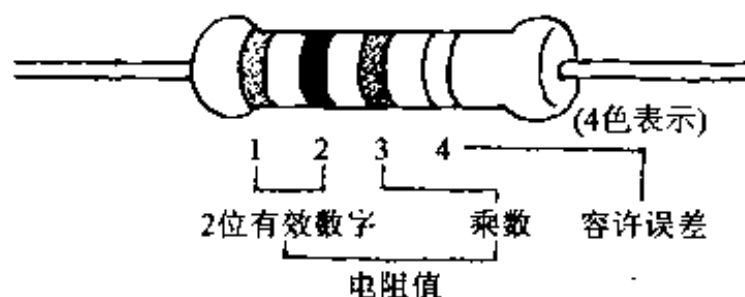


图 2 第 1 色带的识别方法

② 4 色表示的读法



4 色表示中，用最初的 3 条色带表示电阻值，最后的 1 条色带表示容许误差。

〔例〕 $560\Omega \pm 5\%$

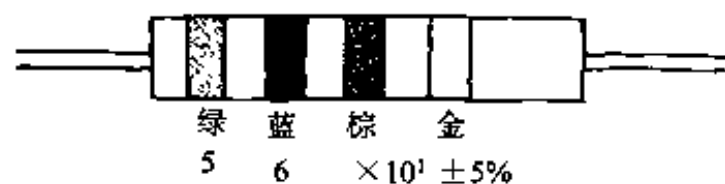
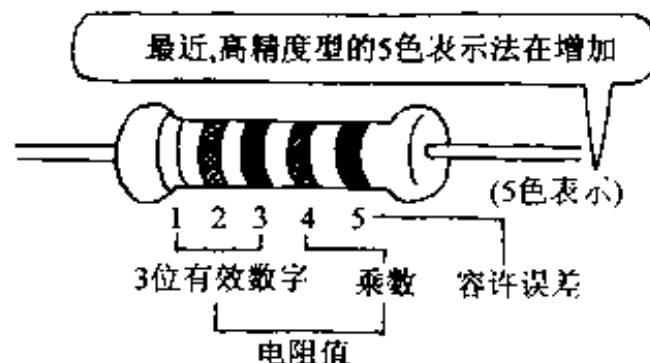


图 3 4 色表示的色标

③ 5 色表示的读法



5 色表示中，用前 4 条色带表示电阻值，最后的 1 条色带表示容许误差。

〔例〕 $47\,000 \pm 2\% = 47\text{k}\Omega \pm 2\%$



图 4 5 色表示的色标

为什么电阻值不是“整齐”的数

这是最初为购买电阻器到元器件商店时发生的事情。看到在电路图中有 $27\text{k}\Omega$, 330Ω , 68Ω , 39Ω , ... 等零星数值的电阻器, 一边想着这是设计者耗费多少心血才计算出的结果啊! 一边购买了必要的数量的电阻器。

接着我就想到如果预先购买些 500Ω 的电阻该多方便啊! 例如, 当串联时, 2 个 500Ω 串联是 $1\text{k}\Omega$, 4 个 500Ω 串联就是 $2\text{k}\Omega$... 这多方便啊! 我想多买几个 500Ω 的电阻, 可是大于 470Ω 的电阻就是 510Ω , 根本没有我想要的 500Ω 的电阻。我想可能是这个商店卖完了吧, 走到相邻的元件商店看看也是一样, 470Ω 以上就是 510Ω 。

认真调查之后我发现, 没有 400Ω , 600Ω , 800Ω 等那样阻值整齐区分的电阻, 全是 130Ω , 560Ω 之类零碎数值的电阻……为什么做的全是这样令人讨厌数值的电阻呢? 实际上, 如表 4 所示, 规定了称为 E 系列的标准电阻值, 其他电阻值是一个相互间大小几乎为等比级数的数值系列。

表 4 E24 系列标准电阻值

1.0	1.1	1.2	1.3
1.5	1.6	1.8	2.0
2.2	2.4	2.7	3.0
3.3	3.6	3.9	4.3
4.7	5.1	5.6	6.2
6.8	7.5	8.2	9.1

使用该数值的 10^n 倍

这就是电阻
数值零碎的
原因吗?



如果考虑到误差的分布, 则当相互间电阻的容许误差为一定值时, 对电路的设计是合理的。我们仔细分析一下容许误差 $\pm 5\%$ 的 (金色色标) 470Ω 和 510Ω 电阻时, 就能够如图 5 所示, 得到 500Ω 电阻。

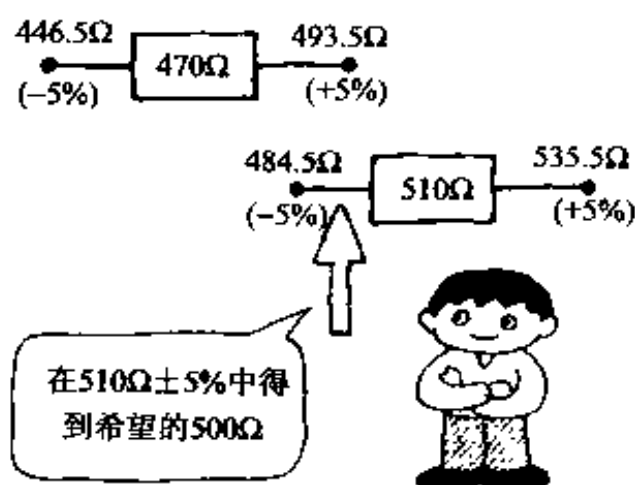


图 5 电阻值和容许误差

什么是额定功率

当电流流经负载时就产生焦耳热,电阻器也不例外。当电路中流过的电流太大时,由于产生热量,电阻值会发生变化甚至会烧断电阻。

当知道流过负载的电流或者电压时,就能够如图6所示求出电阻的消耗功率(P)。实际上,以消耗功率的2~4倍确定额定功率来选择电阻器。在电子电路中最常使用的电阻器是从 $\frac{1}{8}$ W(125mW)、 $\frac{1}{4}$ W(250mW)到10W大小的电阻器。

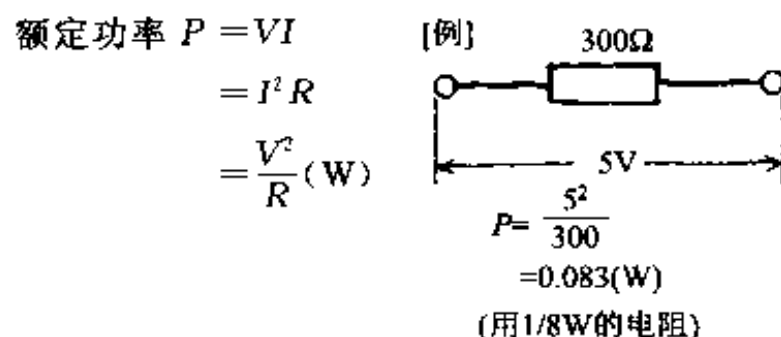


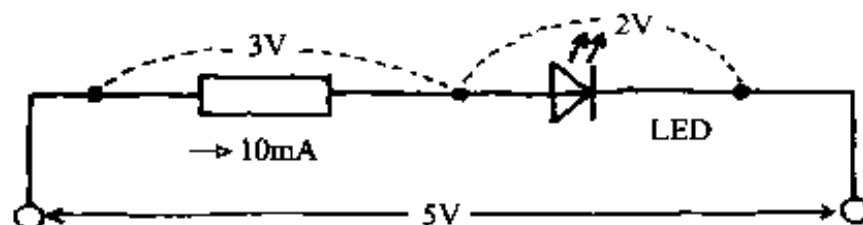
图6 电阻所消耗功率的求法

练习题

1. 根据色标确定电阻值。



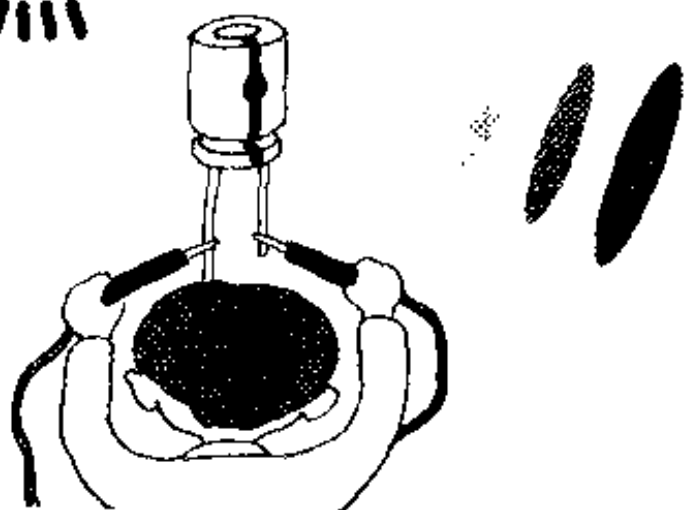
2. 求出下图中的电阻上消耗的功率。



解答

1. (A) $3.3\text{k}\Omega \pm 5\%$ (B) $47\text{k}\Omega \pm 5\%$
2. $P = VI = 3 \times 10 \text{ mA} = 0.030 \text{ W} = 30 \text{ mW}$ (用 $\frac{1}{8}$ W 的电阻)

3 电容器的特点



与电阻器一样,电容器也是电子电路中不可缺少的元件。

看看我们周围的电子电路产品,例如在便携式立体声单放机、电子记事本、计算器等的基板上,在计算机、打印机、显示器、复印机等 OA(办公自动化)设备中,还有我们经常使用的荧光灯中都有电容,它所起的作用也是各种各样的。可以说,“电器”中有一大半都用了电容器。

虽然在我们周围存在大量电容器,但是当我们听到下述提问时:

“电容器到底是什么东西?”

“电容器究竟起什么作用?”

常常很难作出令人满意的回答。下面,让我们一起对电容器进行深入分析。

电容器的作用

如图 1 所示,平行放置的两块金属板,其间夹着电介质(作为电气绝缘物用的物质,例如空气、玻璃、云母、纸),在金属板上施加直流电压。由于两块金属板之间有电介质,所以两金属板间没有电流流过。但是,如果我们仔细观察电流表的指针,就会发现,在接通开关的瞬间指针摆动,有电流流过。然后,在这种状态下,如图 2 所示,用电阻代替电池接入电路,将电流表反接,接通开关的瞬间指针再次摆动。

让我们来认真分析一下这些现象究竟是怎样引起的。如图 3 所示,当在两块金属板上施加电压时,由于电池的作用,金属板内的自由电子就向负极金属板移动。而且,由于电子向电池的负极移动,所以在正极金属板上就蓄积正电荷。该电荷的移动就表现为电流表指针的摆动。这种能够蓄积电荷的元件称

为电容器。电容器的图形符号如图 3 所示,与两块平行金属板的形态相似。

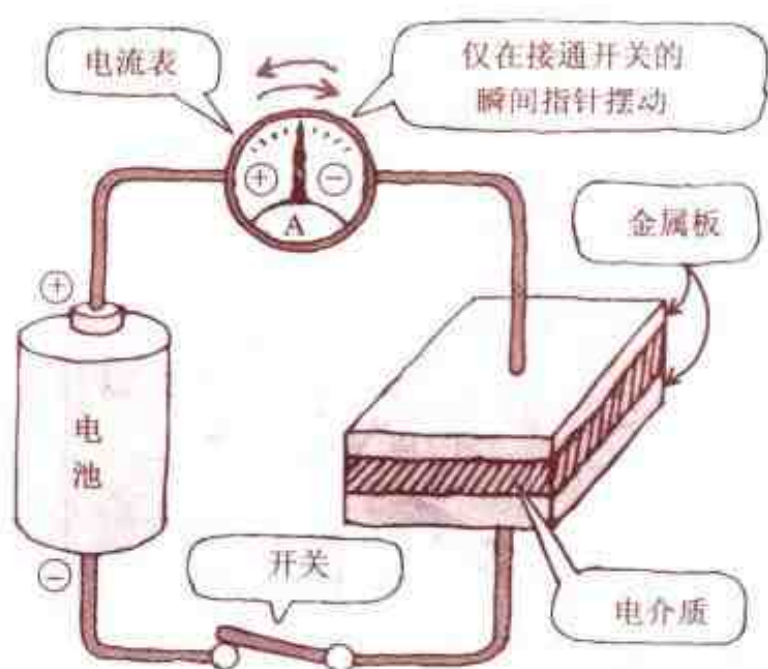


图 1 平行金属板和电池的连接

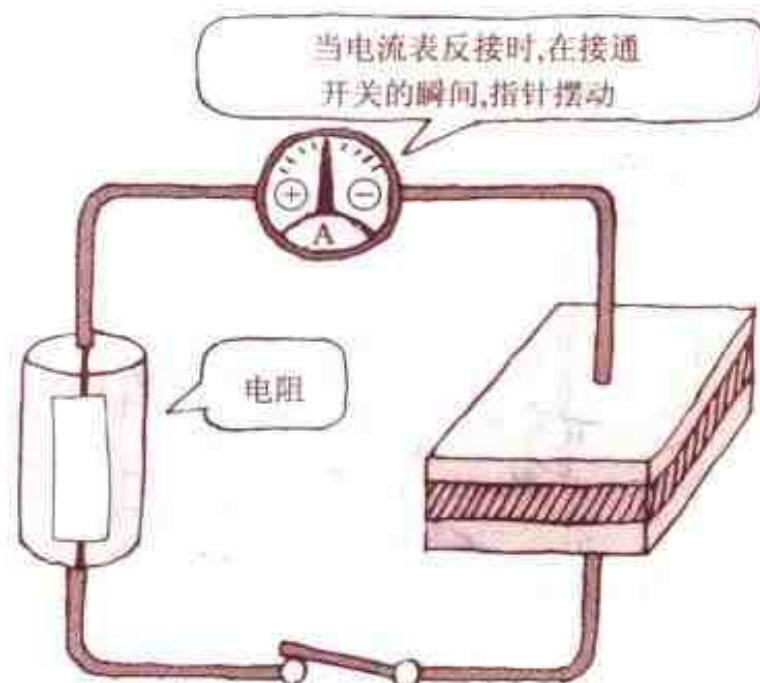


图 2 平行金属板和电阻的连接

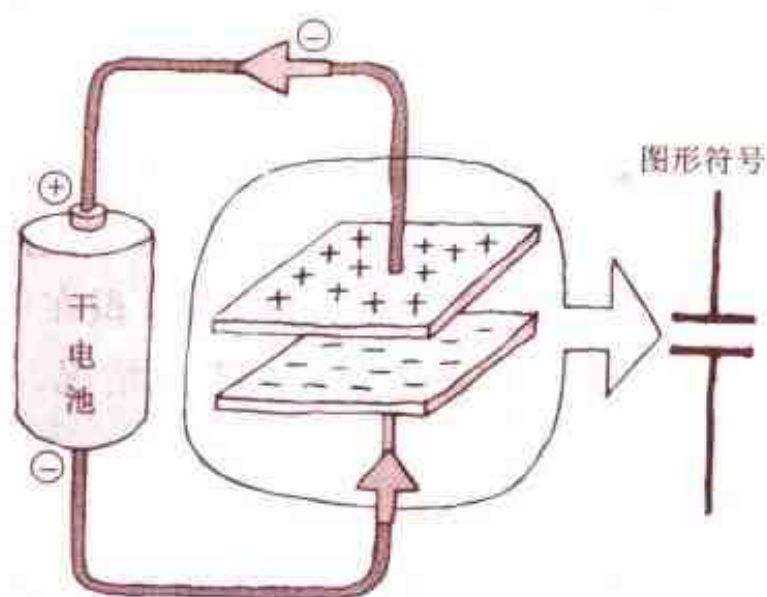


图 3 电容器及其图形符号

电容器的充放电

将电荷蓄积在电容器上称为充电,已充电的电荷从电容器上消失称为放电。如图 4 所示,我们可以万用表来观察充放电的情况。

准备一个电解电容器。如图 4 所示,将万用表调节到 $k\Omega$ 量程,将红色测试棒与电容器的负极引脚接触,将黑色测试棒与正极引脚接触。在这个瞬间,电流流向电容器,指针摆动向 0Ω 方向。这时,由于万用表内的电池,电容器被充电。

随着充电的进行,电流的流动变得越来越困难,不久,当电容器充满电时,电流的流动停止,万用表的指针返回到 $\infty \Omega$ (充电)。

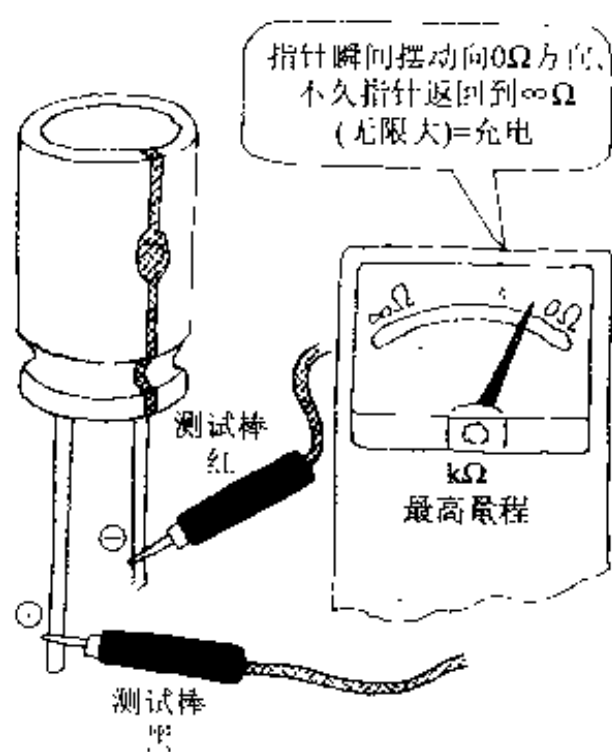


图4 电容器和万用表的连接(欧姆表)

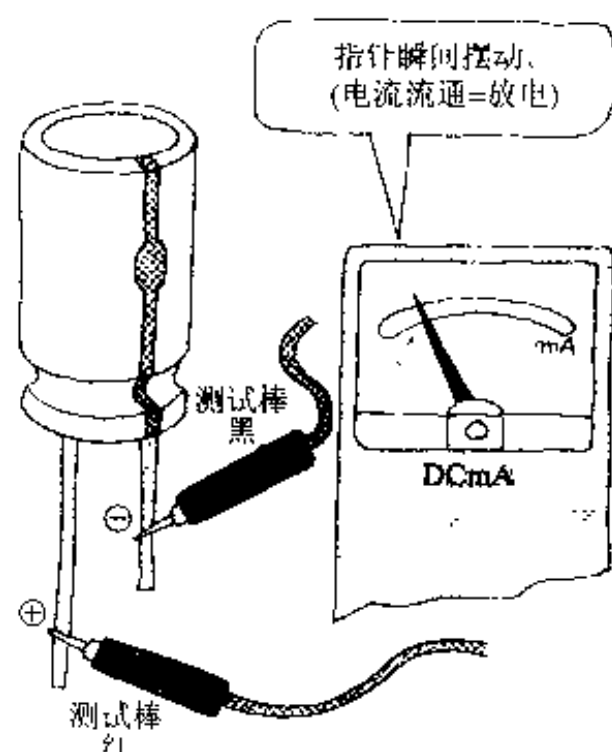


图5 电容器和万用表的连接(DCmA)

接着,将万用表的量程调节到DCmA,如图5所示,当将万用表的黑色测试棒连接到电容器的负极引脚上,将红色测试棒连接到电容器的正极引脚上时,万用表的指针只瞬间动一下就返回原来的位置,蓄积在电容器上的电荷被放电。希望读者再实际验证一次电容器充电和放电的情况。

流经电容器的交、直流电流

如图6所示,将电容器连接在山灯泡和电池组成的电路中,接通开关,灯泡亮了,接着,将开关切断,灯泡就灭了。由此,我们就明白了电容器是不能通过直流电的。(尽管用眼不能看到,实际上,在电容器充电瞬间的极短时间内,有电流流过。)

然后,如图7所示,连接交流电源试试看。开关一接通,灯泡就点亮。接着,将开关切断,虽然稍稍变暗,但是灯还在继续亮着。由此可以清楚,交流电流是能够流过电容器的。

但是,电容器并不能无限制地流通交流,它也具有“不让交流流通”(从灯泡变暗的现象可以明白)的与电阻器相同的作用。将这种电容器对交流的“阻抗”称为电抗。

如图8所示,即使同样是交流,相对于家庭用电源50Hz(赫[兹]),60Hz的

低频率交流来说,在高频率的交流中由于充放电连续不断地反复进行,电抗逐渐变小,电流流过电容器就变得容易。

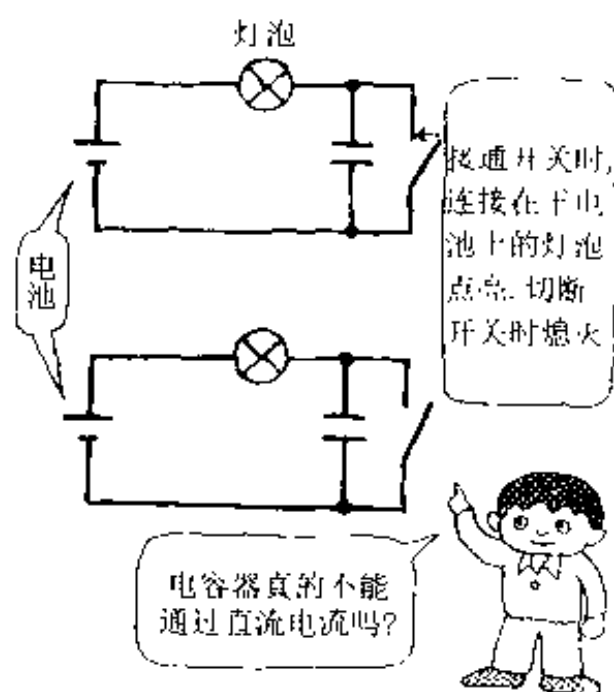


图6 电池(直流电源)和电容器连接

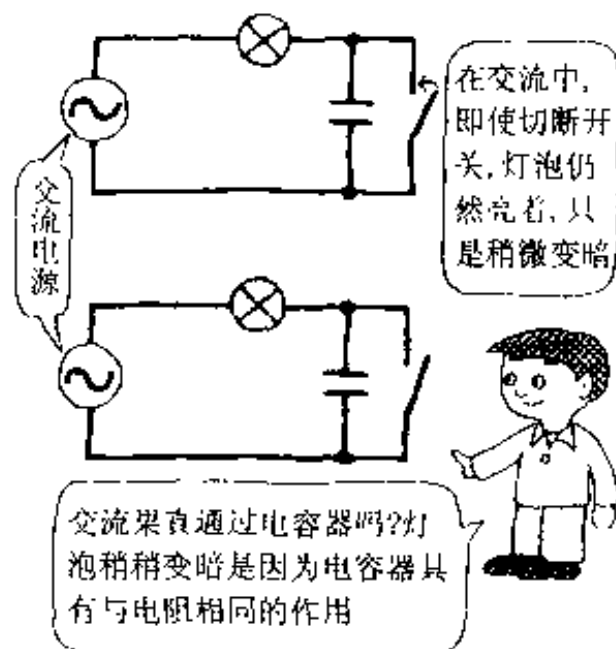


图7 交流电源与电容器连接

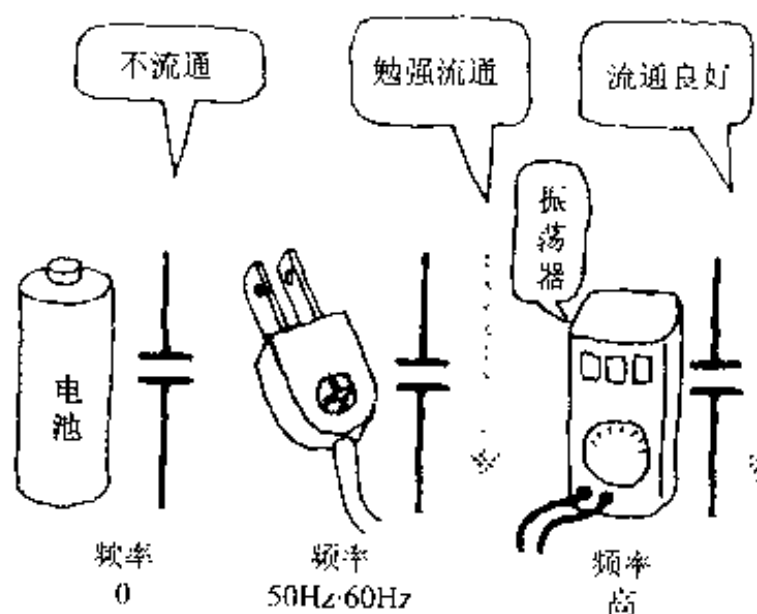


图8 频率和电抗

电容的单位

电容器能够蓄积的电荷的量用静电电容表示。静电电容大意味着蓄积电荷的能力大。

静电电容的单位使用法[拉](单位符号为F)。由于法[拉]这一单位对实用来讲太大了,经常使用的是微法、皮法这样很小的单位。

第1章 电子电路的基础知识

1 微法(μF) $=10^{-6}$ 法(F) 1 皮法(pF) $=10^{-12}$ 法(F)

在具有静电电容 $C(\text{F})$ 的电容器上施加电压 $V(\text{V})$ 时,被蓄积的电量 $Q(\text{C})$ 用下式求出:

$$Q=C \cdot V(\text{C})$$

如图 9 所示,在 $100\mu\text{F}$ 的电容器上施加 3V 的电压时,蓄积的电量是 $100 \times 10^{-6} \times 3 = 3 \times 10^{-4}(\text{C})$

〈要点〉

量	电荷 Q	静电电容 C	电压 V
名称	库[仑]	法[拉]	伏[特]
符号	C	F	V

$$Q=C \cdot V$$

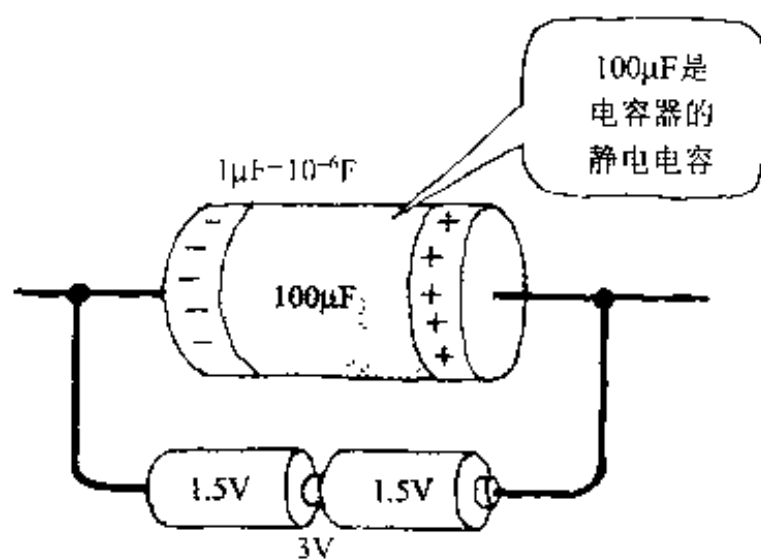


图 9 电容器的静电电容

电容器的种类

作为元件,与电阻器相比,对电容器所要求的性能、特性是多方面的,而且为了符合各自的用途、目的,制造了许多种类的电容器。大致可分为有极性电容器和无极性电容器两类。

(1) 有极性电容器

如图 10 所示,有极性电容器的引脚分别被指定为+极、-极,使用时必须

与它的极性相合。有极性电容器中有铝电解电容器、钽电解电容器等。

(2) 无极性电容器

无极性电容器在电路中使用引脚不分极性。这一类中有高频用的陶瓷电容器,还有其他的薄膜系电容器和云母电容器。

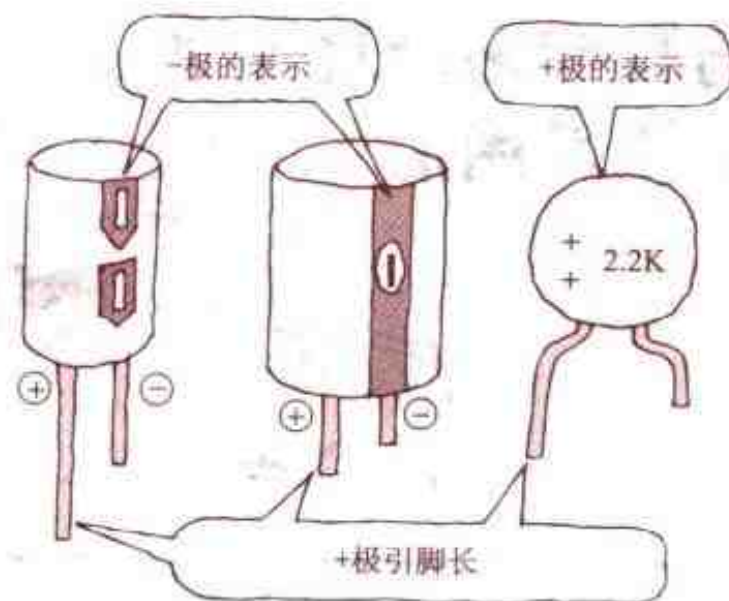
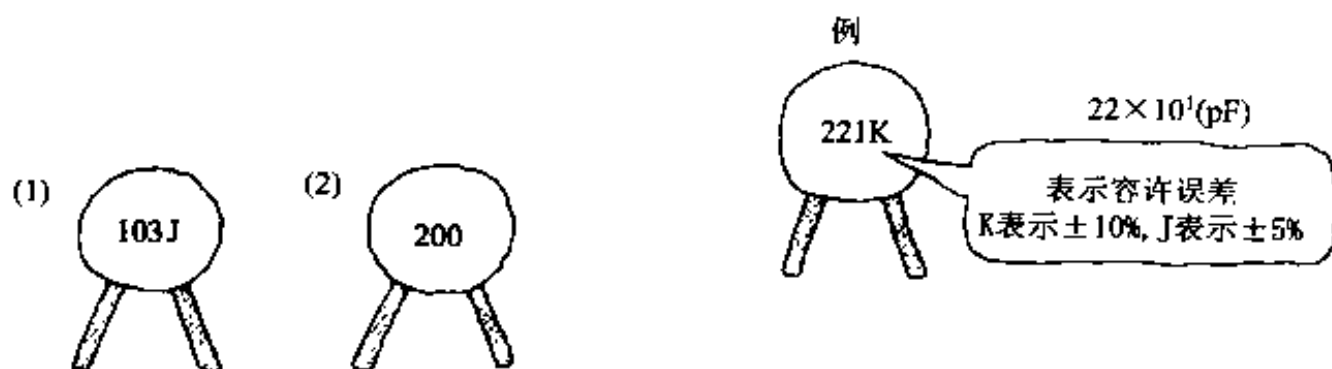


图 10 电解电容器的表示

练习题

1. 陶瓷电容器等的电容表示,如图所示,用最初的 2 位表示有效数字,第 3 位表示乘方数。图中 (1), (2) 的静电电容是多少?



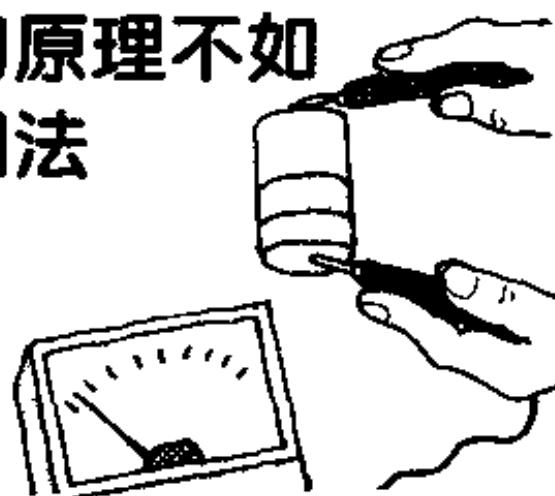
解答

- (1) $10 \times 10^3 \text{ pF} = 0.01 \text{ } \mu\text{F} \pm 5\%$
 (2) $20 \times 10^0 = 20 (\text{pF})$

4

万用表的使用方法

——与其学习原理不如
习惯其用法



家用电子计算机不工作了

你有过这样的体验吗?“爸爸,家里的电子计算机坏了!”——孩子惊奇的叫喊,对孩子来说这真是一件大事。这种情况下,如果能用电路测试仪(以下,称为万用表)检查出损坏的地方并将其修复的话,不就能成为伟大的父亲了吗!(故障的原因大多是由于在整理时将DC转接器的软线层层缠绕造成了断线。)

当然,这种情况不仅限于家用电子计算机,随着家用电器的发展,在电连接部分、开关部分等地方,常常发生软线断线等故障。在这种情况下,如图1所示,使用万用表进行导通测试,如果能够发现断线的部位,可以说已经完成了修理的一半。

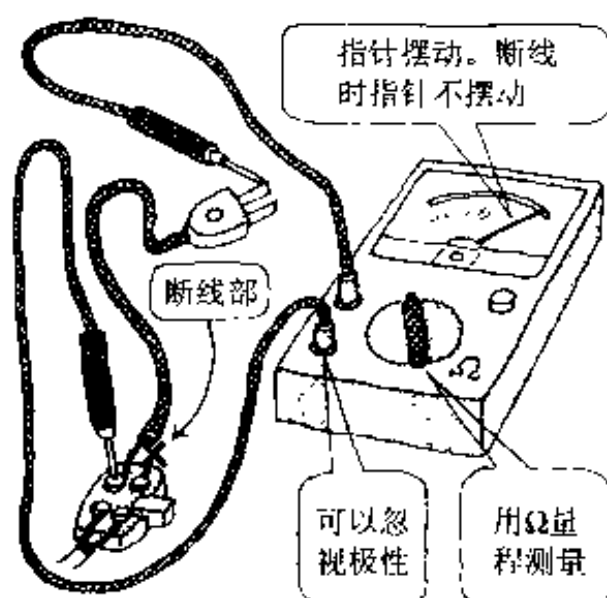


图1 软线的断线

万用表除了具有发现故障的功能外,也是为检查电路、部件的状态而设计的测量仪器。但是,如果不知道万用表正确的使用方法,那就不仅是“手握宝贝不去用”,而且还有触电的危险。因此,要牢记正确的万用表使用方法,成为用好万用表的行家里手。

仔细了解万用表

万用表分为如图 2 所示的模拟型万用表和图 3 所示的数字型万用表。无论哪种类型的万用表,它的基本结构都是将电压表、电流表、欧姆表的功能集中在一个盒子里,能够测量电压、电流、电阻值等基本电气特性。

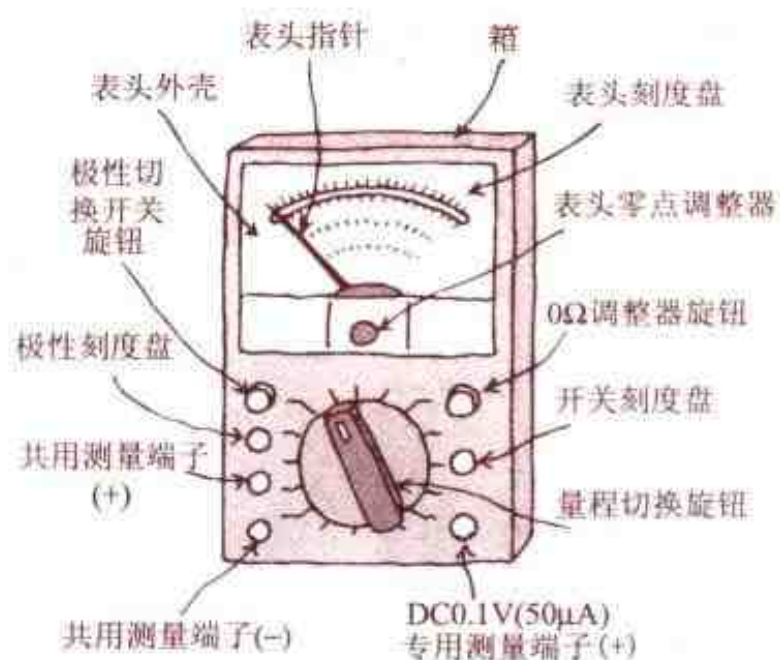


图 2 万用表各部的名称



图 3 数字型万用表

● 基本的操作方法

① 将万用表水平放置,使指针不照到反射镜上,从正上方观察读数(参见图 4);

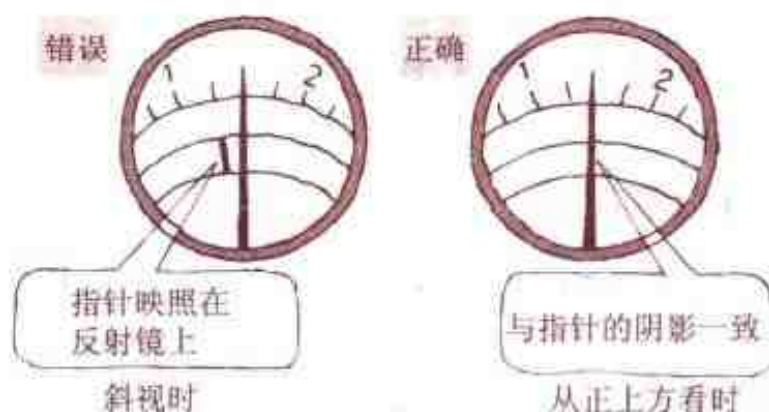


图 4 万用表的读法

// 第1章 电子电路的基础知识

- ② 确认测量量程(参见图 5);
- ③ 调整万用表的零点位置(参见图 6)。

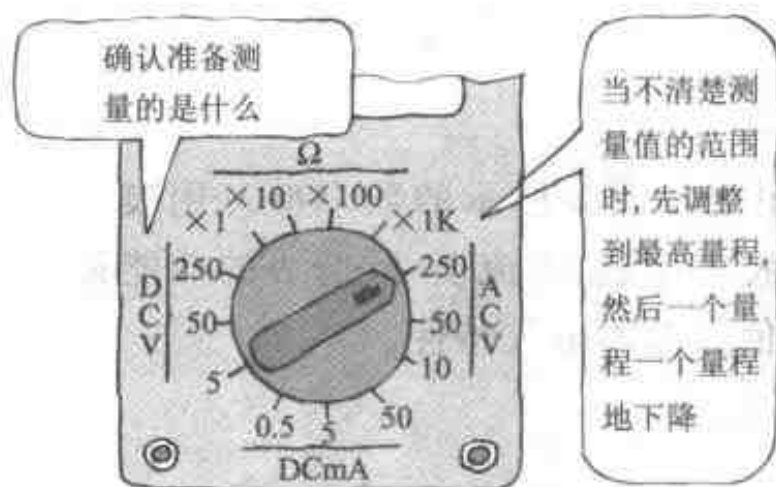


图 5 万用表的量程



图 6 调整零点

● 电阻值的测量

- ① 确认万用表的零点;
- ② 设定电阻量程(参见图 7);
- ③ 调整零欧姆(参见图 8);

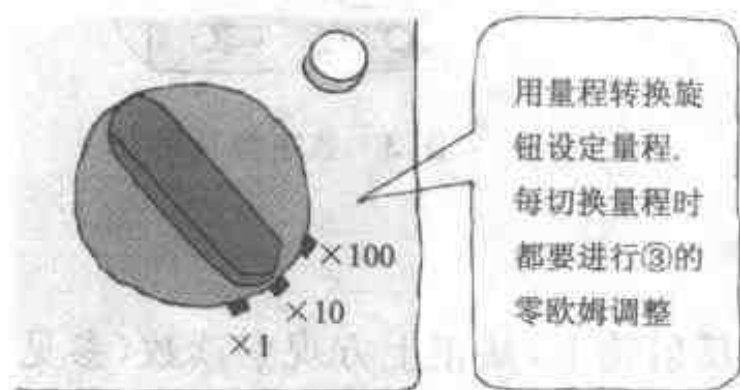


图 7 电阻量程



图 8 零欧姆调整

- ④ 用测试棒接触电阻引线(参见图 9);
- ⑤ 读出刻度(参见图 10)。

● 直流电压(DC)的测量

直流中有+极、-极极性, 将“红色测试棒”插入万用表的+极上, 将“黑色测试棒”插入-极上。

- ① 调整 DC(V)测量范围, 如果知道被测值, 就将测量范围设定得比该值大; 若不知道被测值时, 就设定在最大量程;
- ② 接触测试棒(参见图 11);

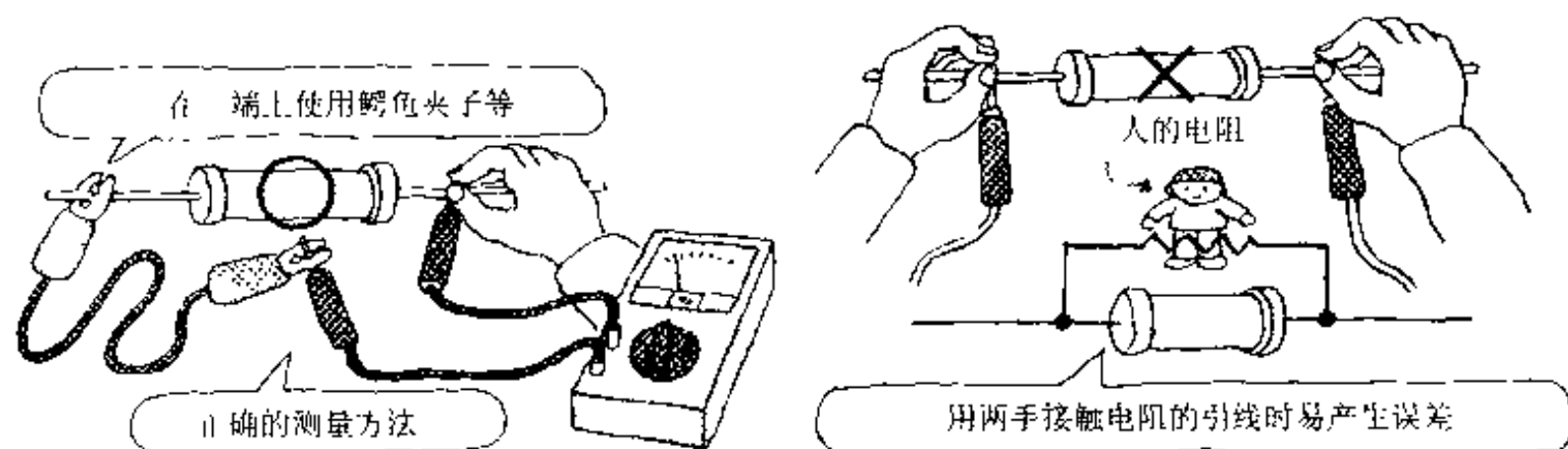


图 9

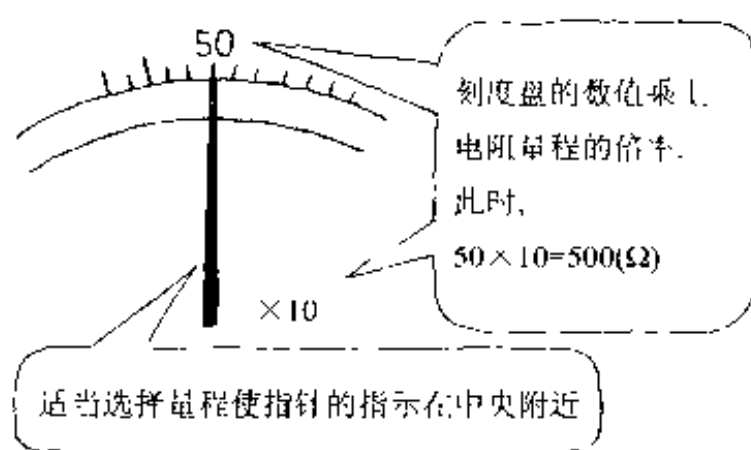


图 10 刻度盘和测量值

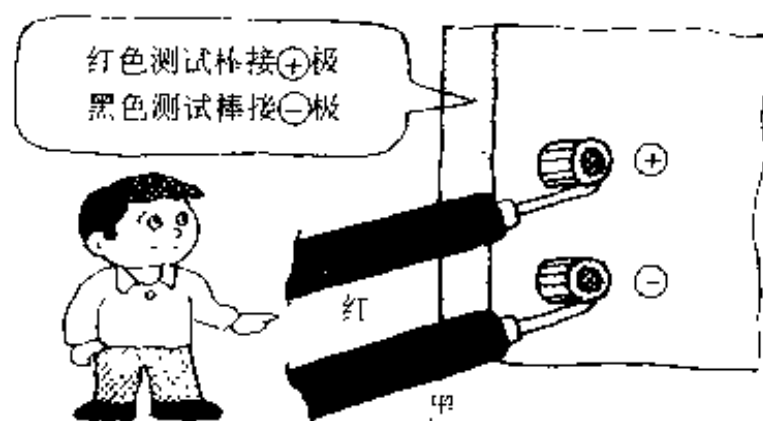


图 11 测试棒和极性

③ 根据量程读出刻度；

下面，举例说明直流电压的测量。

如图 12 所示，在以灯泡等为负载的状态下测量干电池的电压值。在无负载时，会发生无论是旧电池（内部阻抗大）还是新电池都显示同样的电压值的情况。图 13 是电路内的电压测量例子。

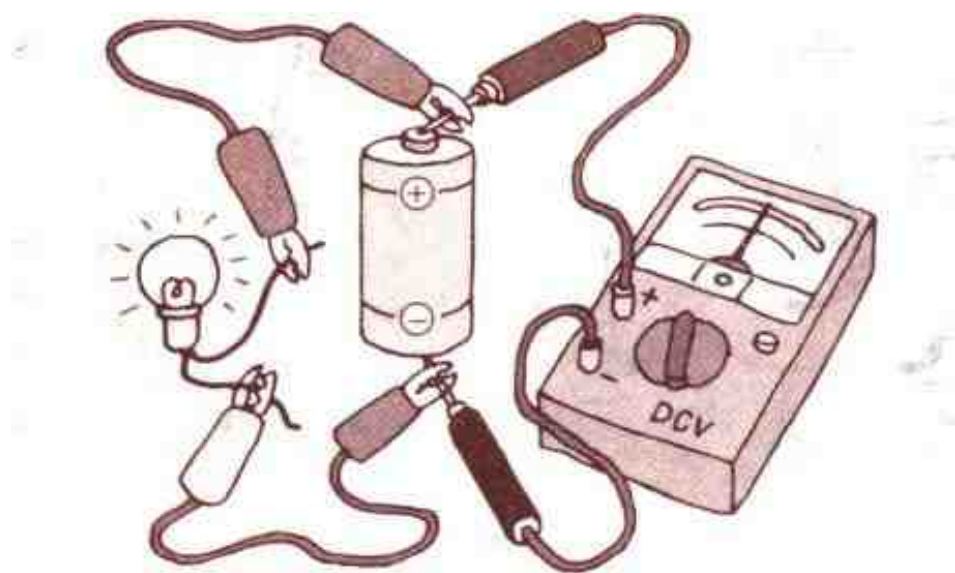


图 12 干电池的电压测量

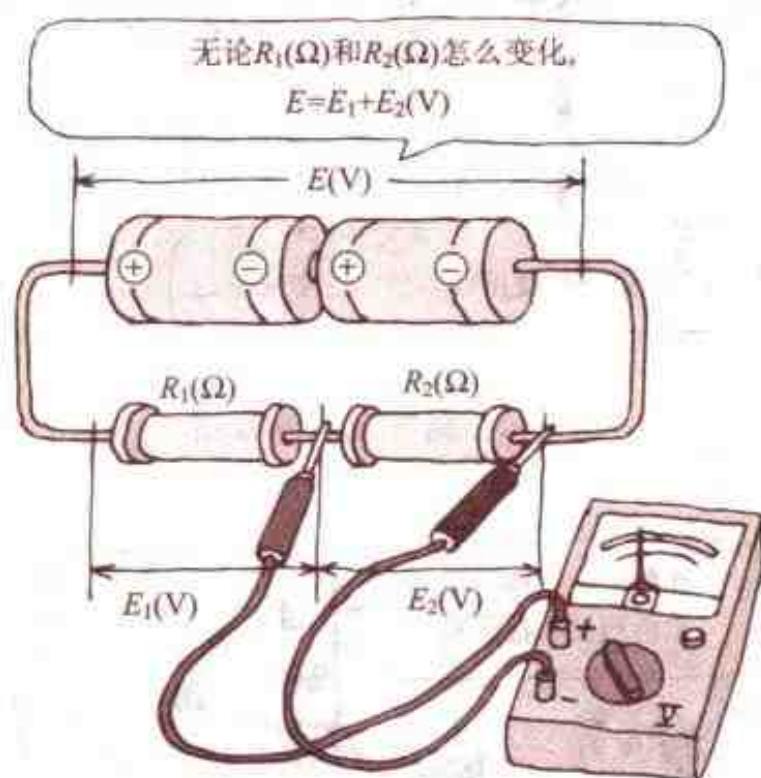


图 13 电路内的电压

● 交流电压(AC)的测量

交流电压的测量与直流电压的测量基本上相同:

- ① 选择比测量电压稍高的量程;
- ② 将测试棒与被测物体接触(极性无关);
- ③ 根据量程读出刻度。

在家庭用电源中,虽然也曾经用万用表的电压测量功能检查过插座的通电情况,但是如果测试棒短路就太危险了。对此,图 14 所示的方法也是一种安全对策。测试时一定要高度注意。

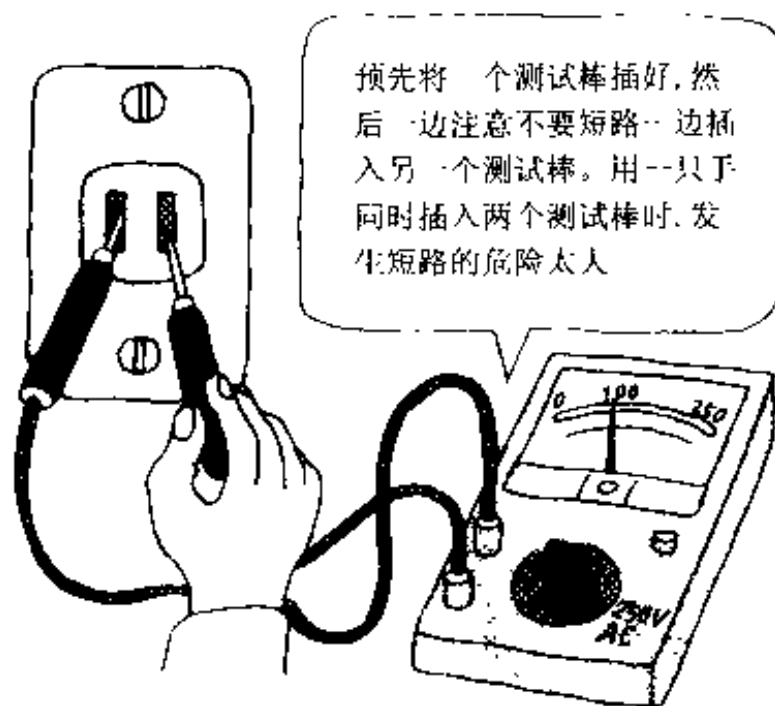


图 14 插座的电压测量

● 直流电流(DC)的测量

为了测量流经电路的电流的大小, 应该像图 15 那样将电路的一部分切断, 将万用表与电路串联连接(极性要一致):

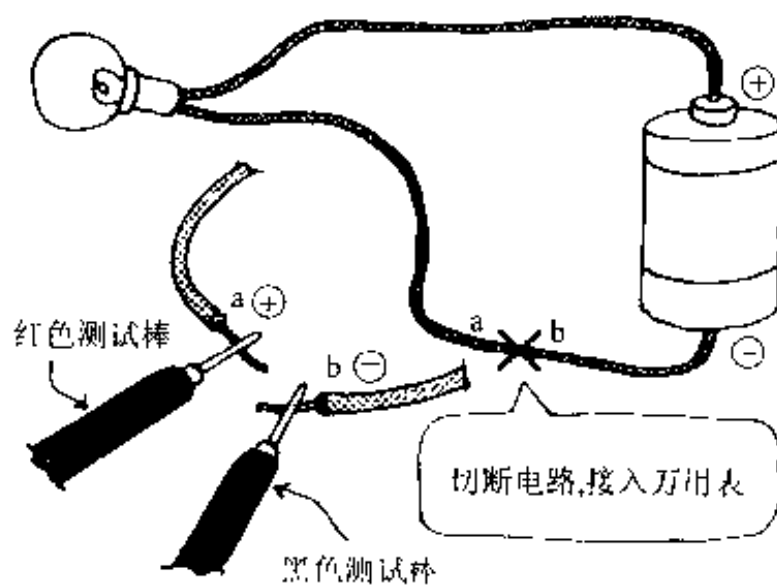


图 15 直流电流的测量

- ① 调整 DC(A) 的量程;
- ② 将测试棒串联在电路中;
- ③ 按照量程读出刻度;
- ④ 当指针的摆动较小时, 转换量程使指针摆动到中央附近。

零部件的检查

● 检查二极管的极性是否良好

利用二极管具有的电流单向流动的特征,使用电阻量程,用图 16 所示的方法检查。

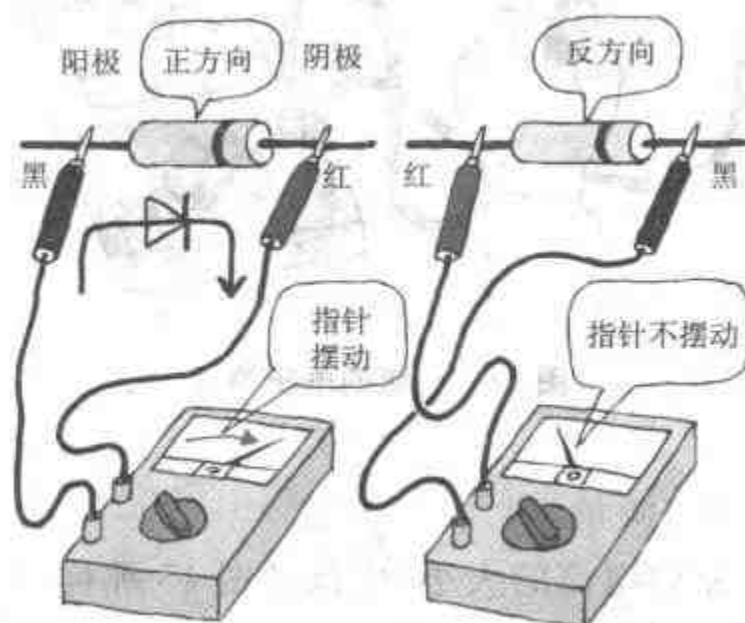


图 16 二极管的检查

● 晶体管的检查

如图 17 所示,将晶体管看作是两个二极管连接起来的产物,用图 18 所示的方法进行测量。

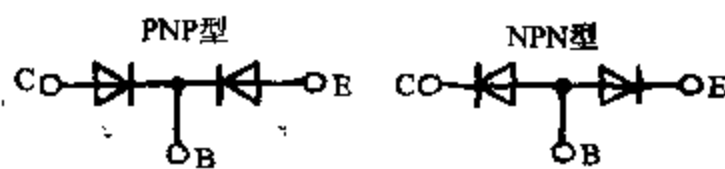


图 17 晶体管的结构模型

● 电解电容器的检查

注意电解电容器的极性,按图 19 所示将测试棒接触被测物体。

接触测试棒	PNP型	NPN型
	指针摆动大	不摆动
	不摆动	指针摆动大

图 18 晶体管的检查

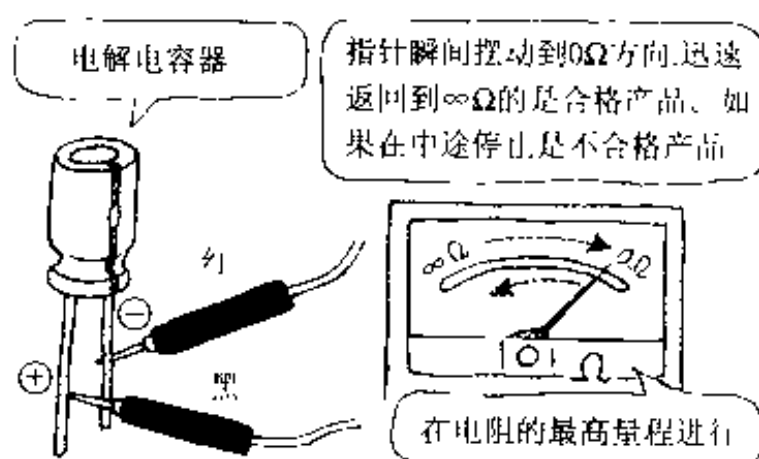


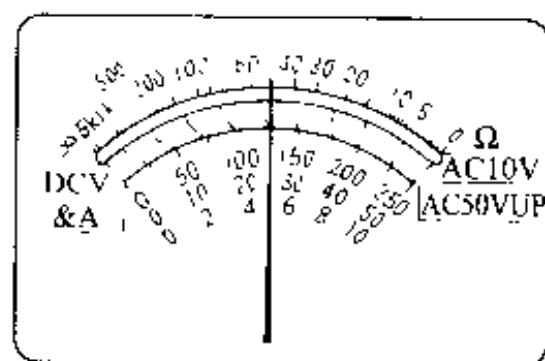
图 19 电解电容器的检查

练习题

- 对于图中所示的刻度板,当指针摆动到图示的位置时,它的测量值是多少?
 - DC10(V)量程
 - AC250(V)量程
 - AC10(V)量程
 - DC50(mA)量程

解答

5V、125V、约 5.3V、25mA

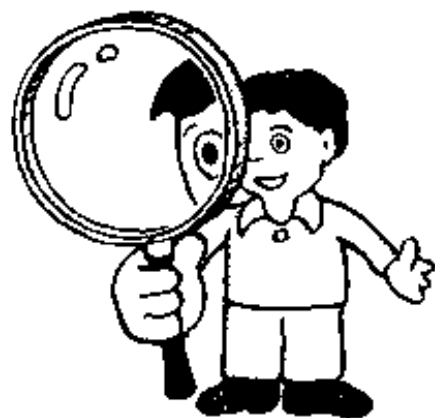


万用表的刻度板

5

了解发光二极管(LED)

——熟练使用 LED



发光二极管

在电子电路等的指示灯(信号灯)和各种各样的显示装置中,广泛使用着红、橙、绿等的发光二极管(LED)。最近,在车站月台上通知电车的行车方向、到达时刻的显示板上也使用LED,将LED 16×16 个或者 24×24 个组合在一起,分别控制它们的亮、灭(ON、OFF),这样就能够看到文字显示。

用干电池点亮 LED

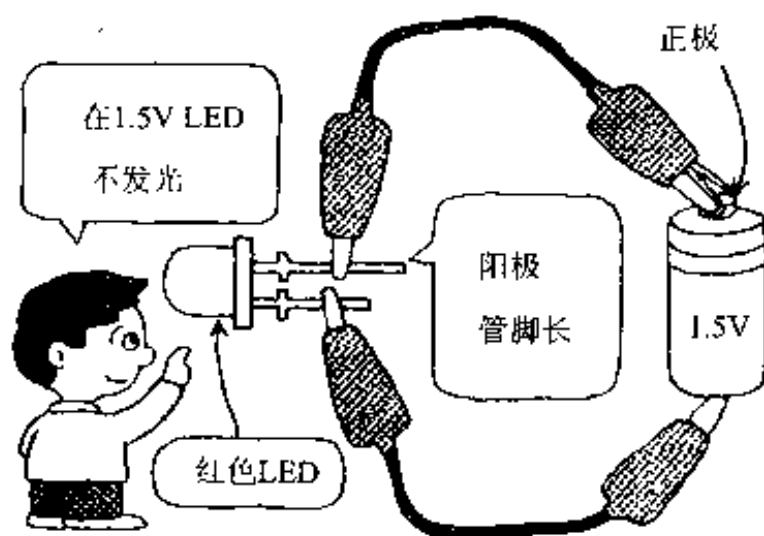


图1 LED 和一节干电池

下面,让我们看一看LED是怎样点亮的。

将红色LED按图1所示和干电池(1.5V)连接起来试试看。结果——不发光;再将正、负极反向连接试试看;仍然不发光。然后,将两节干电池串联(参见图2),在LED长管脚的阳极施加3V的电压(称为正方向)试试看。发光了,终于亮起来了。

然后,如图3所示,把3V电压电池的正极连接LED的短管脚,试试看。结果不发光(反方向)。究竟为什么?让我们来进一步了解LED。

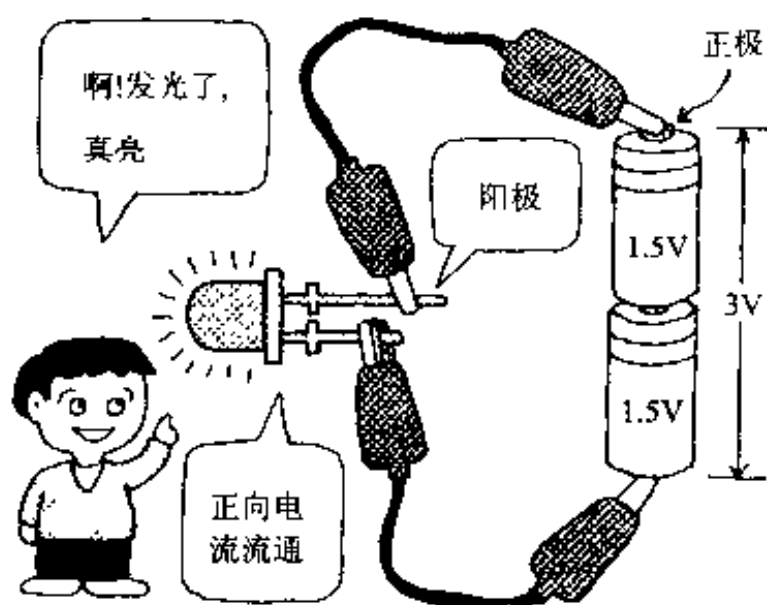


图2 在LED的阳极施加3V电压

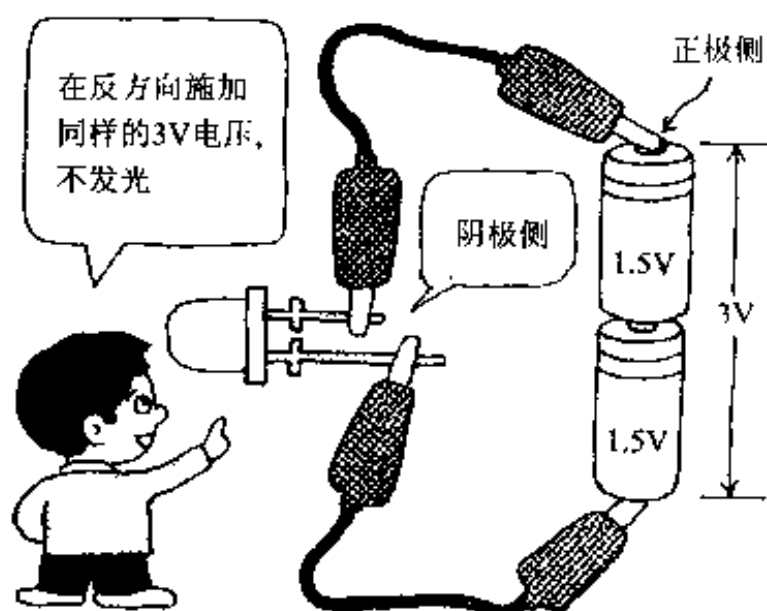


图3 在LED的阴极侧施加3V电压

什么是 LED

LED 是 Light-Emitting Diode 的首字母缩写,称为发光二极管。如从上述图 2、图 3 的实验所了解的那样,这是一种流过正向电流时就发光的半导体,是二极管家族的一员。换句话说,“LED 就是将电信号变换成光信号的显示元件”。

LED 晶片材料和发光颜色

LED 的材料大多使用元素周期表中的 III-V 族化合物。主要使用的、已实用化的有

GaP(镓磷化合物)
GaAsP(镓砷磷的化合物)
GaAlAs(镓铝砷的化合物)

在这些化合物中加入微量的氮添加物,可以调整发光颜色。表 1 示出主要的发光材料和发光颜色的关系。

表 1 LED 晶片材料和发光颜色

LED 芯片材料的种类	发光颜色
GaP	红、绿
GaAsP	黄、橙、红
GaAlAs	红
GaN	蓝

红色、绿色,再加上蓝色的 LED 如果能够成功,光的三原色就齐备了(参见图 4),那时,壁挂式电视机等大型显示器就能够实用化。

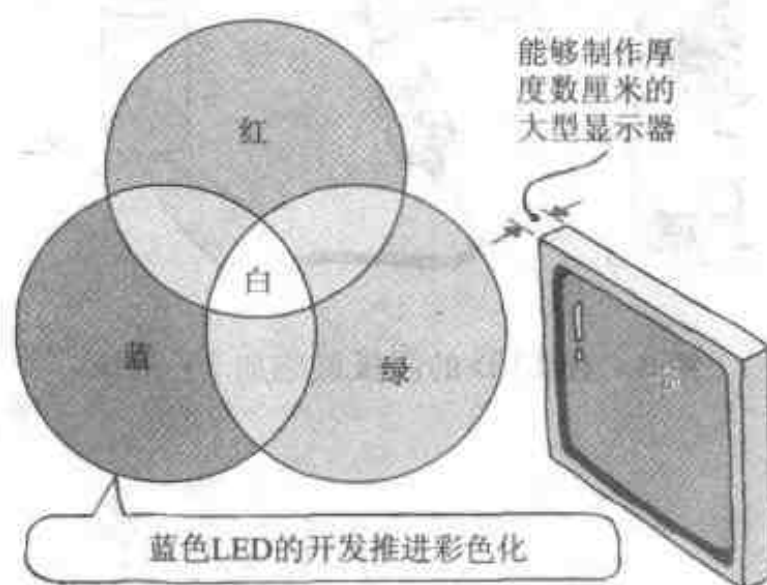


图 4 光的三原色

有人曾经说过:蓝色 LED 的开发在 20 世纪中是不可能成功的。但是,日本的研究人员在 1993 年开发成功了氮化镓材料的蓝色 LED。后来,蓝色 LED 的低价格化、高亮度化在不断进展。

LED 的特征

在一般实用的小型 LED 中,LED 的亮度是 $0.1 \sim 20 \text{ mcd}$ (毫坎[德拉])左右,没有足够的亮度。但是,与电灯和氖管等相比,由于它具有以下优点,在电

子仪器的指示灯和传感器的光源中仍然使用 LED:

- 几乎不发热;
- 消耗功率小(在低电压、低电流下能够连续发光);
- 寿命长(在正常使用情况下达到半永久性的寿命);
- 发光颜色丰富,看得清楚;
- 能够制作形状不同的发光体;
- 响应速度快;
- 能够大量生产(价格便宜)。

最近,开发了超高亮度(几坎至二十坎)的红色 LED,可用于公路交通的信号灯、室外的电光布告栏等。

LED 的结构

作为光源的 LED 晶片,用无色或者对发光颜色透明的树脂充填成形。如图 5 所示,在 LED 中有阳极“+”(管脚长为阳极)和阴极“-”(管脚短为阴极)



图 5 LED 的放大模型图

两个电极。

光源放在皿形的凹面反射板中,由于凸透镜状的树脂透镜的作用,使光具有方向性。

LED 的电气特性

可以将上述内容总结如下:

① LED 有极性。如图 6 所示,在阳极施加正电压,称为“施加正向电压”。一旦施加正向电压,LED 就发光。

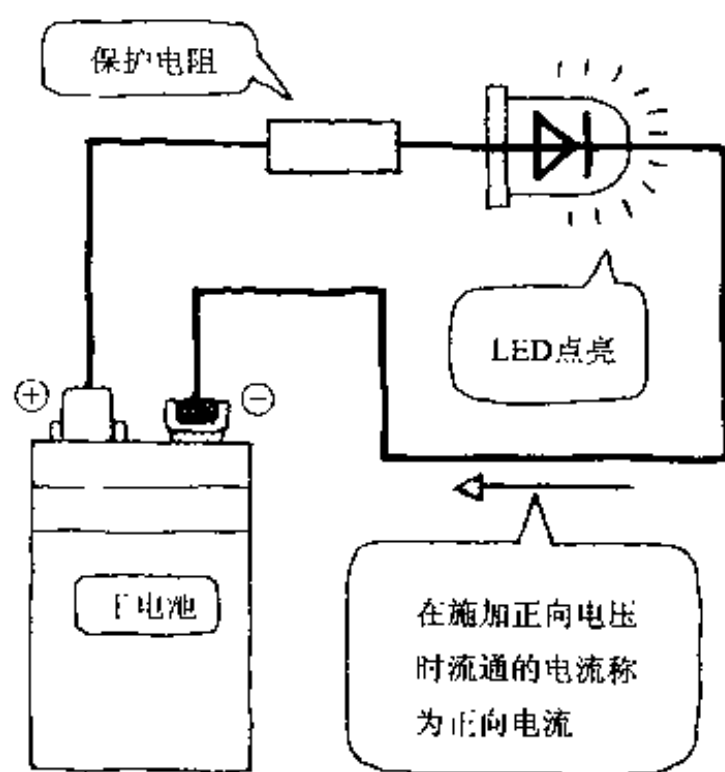


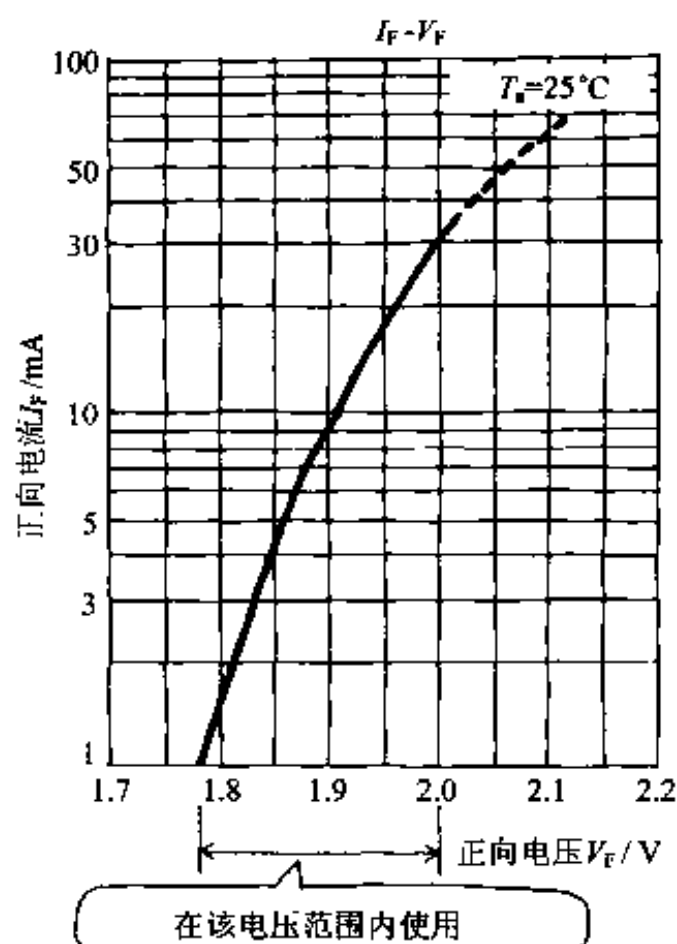
图 6 LED 的正方向

② 若施加的正向电压达不到某一定值,LED 不能发光。为了发光,最低需要施加约 1.8~2.0V 的电压。

图 7 示出了 TLR102(GaP)发光二极管的电流-电压特性。由图可知,从约 1.78V 开始有电流通过。

③ 电流有限制。最大电流是 25~35mA 左右。因 LED 的材质不同最大电流也不同。推荐的工作电流为 10~20mA。

表 2 示出了 TLR102 的最大额定值。最大额定值的各项参数是 LED 制造厂商规定的,用户使用时,只要这些参数中的任何一项超过限度使用,制造厂商就不能保证 LED 的工作。



要点

正向电压 V_F 是使LED点亮的正方向电压
 V_F 的脚标F代表正方向

图7 LED的电流-电压特性

表2 TLR102(红色LED)

项 目	直流正向电流	直流反向电压	容许损耗	保存温度
符 号	I_F	V_R	P	T_{stg}
额定值	25	4	75	-30~100
单 位	mA	V	mW	℃

注:最大额定值($T_a=25^\circ\text{C}$)

LED即使是与灯泡同样类型,也有各种各样的性质差别。了解LED的性质是正确使用LED的诀窍(T_a :环境温度)

最大额定值的规定并不是仅限于LED,对于电气零部件、电子电路的元器件都有这样的最大额定值标示。使用时,与一般的半导体器件一样,最好在最大额定值的70%~80%以下驱动器件。

④ 反向电压的最大额定值是3~4V。如图8所示,在反方向(相对正方向而言,电流的方向相反)施加电压时,LED不点亮。虽说LED不亮,但当电压继续上升时就超过了额定的反向电压值。使用LED必须注意外加电压的极性。

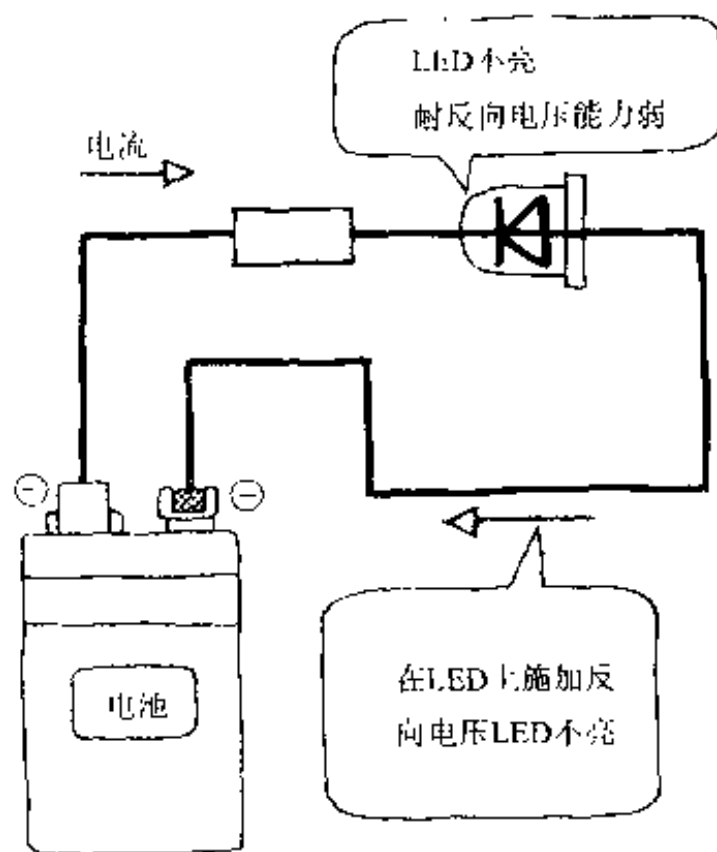
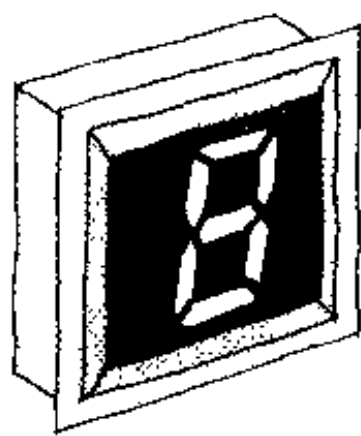


图 8 在 LED 上施加反向电压

〈要点〉

常常看到如图所示表示十进制数、十六进制数的显示器,这称之为 7 段 LED 显示器(由于有 7 个段(发光部分),所以称为 7 段),用于表示数字。这时使用高亮度 LED,根据用途有专用的驱动 IC(集成电路)。



练习题

1. 与电灯相比,LED 有什么特征?
2. 何谓 LED?

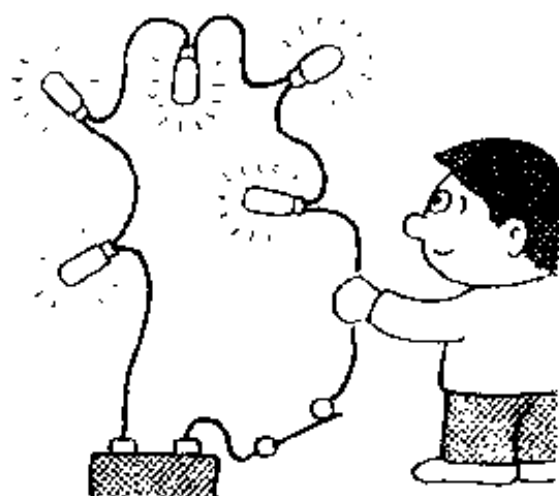
解答

1. 功率消耗、发热小、寿命长、发光颜色丰富,响应速度快
2. LED 是“light emitting diode”的简称,即发光二极管。

6

活用LED

——求出限流电阻



用万用表检查 LED

为了使 LED 发光,必须如图 1 所示那样使电流在 LED 上正向流过。在 LED 的电极上有表示哪一方是阳极,哪一方是阴极的标记(参见图 2)。

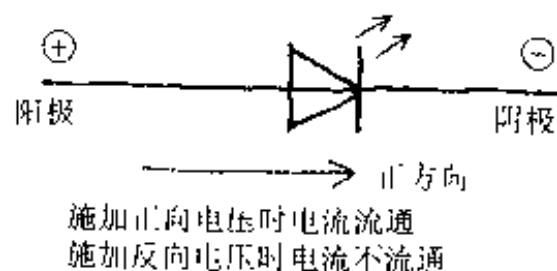


图 1 LED 的正方向

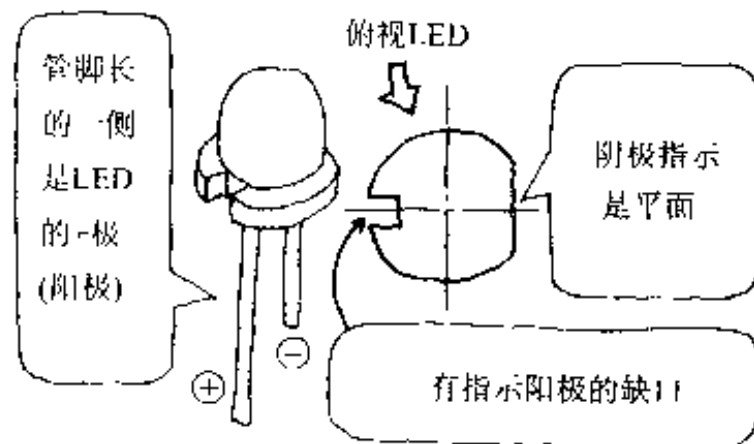


图 2 LED 极性的标记

当实际使用 LED 的时候,可以用手边的万用表确认 LED 的极性:

- ① 调整欧姆档到最高量程;
- ② 将测试棒接触 LED 的管脚。

如图 3 所示,当将黑测试棒触向 LED 的阳极,红测试棒触向 LED 的阴极时,万用表的指针就摆动(由于万用表内的电池,电流正向流过 LED)。由于万用表处于电阻的最高量程,所以电流很小,若要了解是否发光,可将 Ω 量程下降,就能够清楚地看到发光的情形。

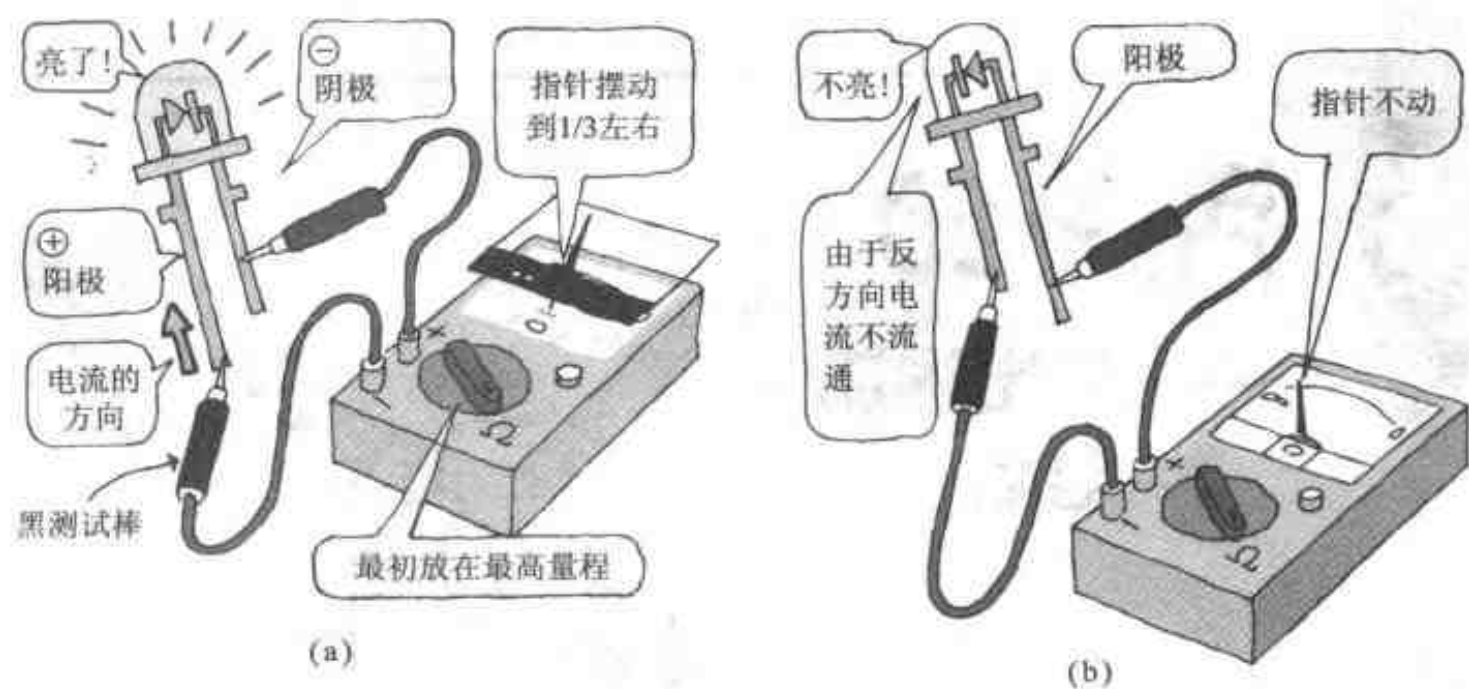


图3 用万用表检查极性

〈要点〉

在万用表的 Ω 量程上,红测试棒上施加负电压,黑测试棒上施加正电压。需要使用内装 2 节电池的万用表。

③ 当 LED 发光时说明 LED 正常,而且,电流正向流过,这样,就能够确认 LED 的电极。

红测试棒——LED 的阴极

黑测试棒——LED 的阳极

④ 如图 3(b)所示,当将两个测试棒互换,接触相反一侧时,万用表的指针不摆动,LED 不发光。

LED 的点灯电路

迄今为止,我们介绍了 LED 的特性,现在我们来分析点亮 LED 的实际电路。

LED 的正向电压约是 2V。当在 LED 上施加的电压高于 2V 时,为使流经 LED 的电流不致过大,如图 4 所示,把限制电流用电阻串联连接。

(1) 电流限制用电阻的求法

可以由在电路中流动的电流和电压求出限流电阻,按照欧姆定律,可以用下式求出:

$$\text{电阻} = \frac{\text{电源电压} - \text{LED的正向电压}}{\text{在LED中流通的电流}}$$

(推荐的工作电流一般为 $0.01\text{A}=10\text{mA}$)

例如,在电源电压为 5V 、流经LED的电流为 10mA 时,这时使用的限流电阻为 300Ω 。

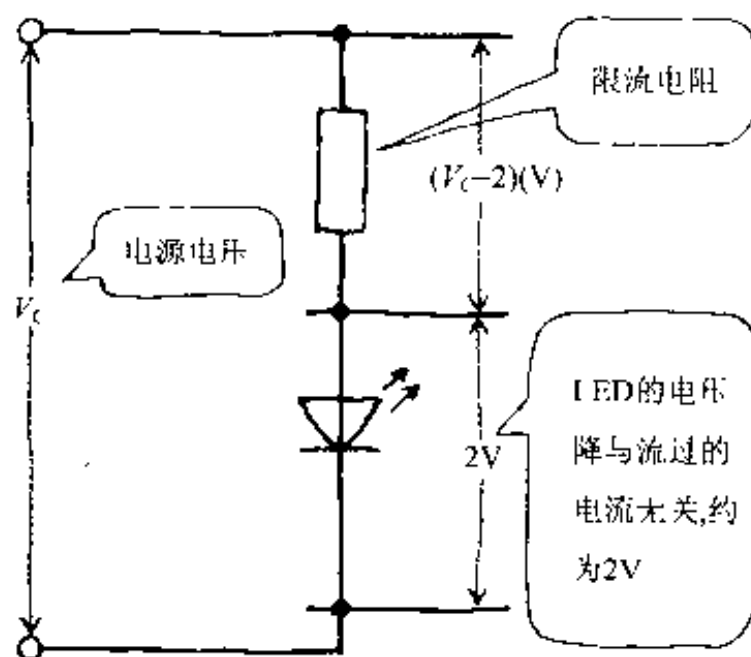


图4 LED点灯的基本电路

在图5(a)、(b)中,以经常使用的直流电源电压 5V 、 12V 为例,示出了限流电阻的求法。用这些方法基本上能够组合简单的LED电路。但是,实际上,为了得到LED必要亮度(电流越大越亮)的电流值等,还需认真了解制造厂商的产品目录和数据集。

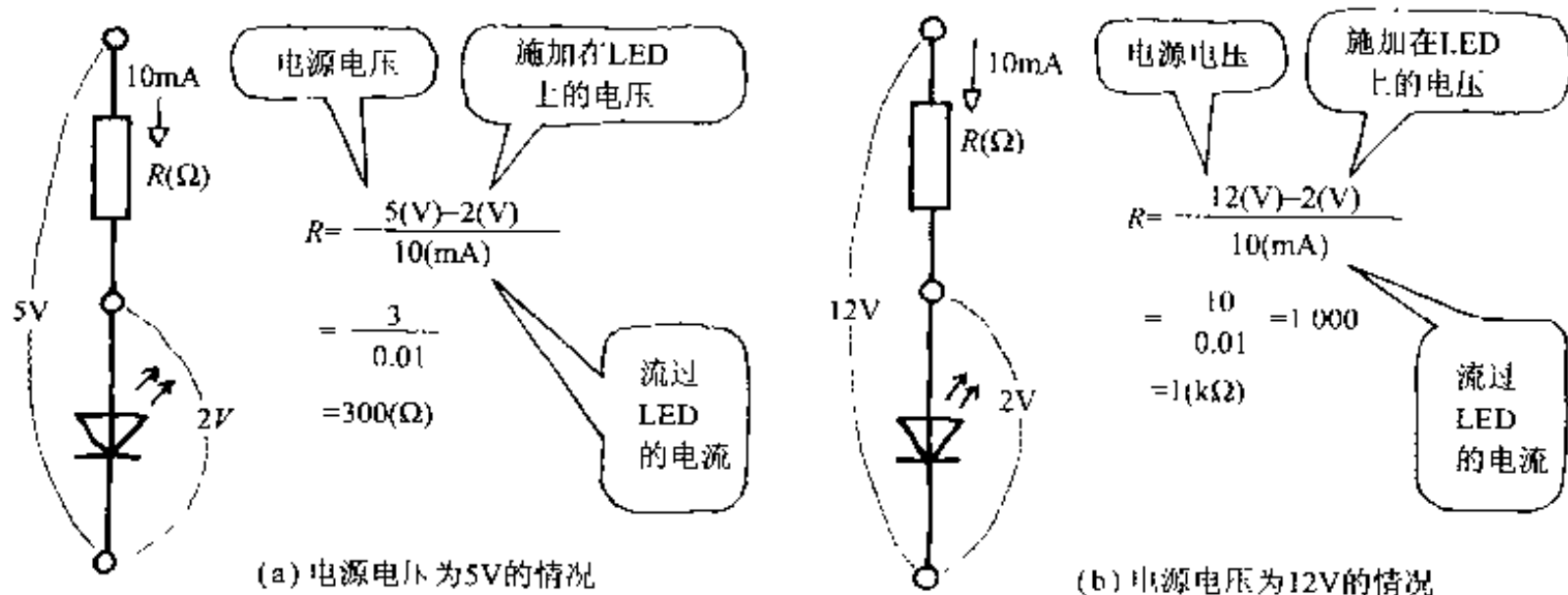


图5 限流电阻的求法

(2) 限流电阻的容许功率

与LED串联连接的限流电阻是为了在LED上施加适当的电压而设置的。但是,对这个电阻而言,除了电阻值,还有一个额定功率,即,在这个电阻上能够消耗的最大功率(最大发热量的限度)需要确定。在电阻上消耗的功率能够用下式求出:

$$P = V \times I \text{ (W)} \quad \begin{array}{l} \text{(电阻两端的电压)} \\ \text{(流经电阻的电流)} \end{array}$$

--- (功率的单位为瓦)

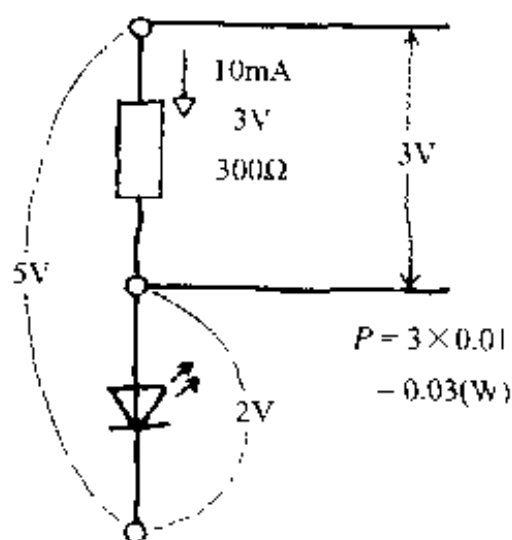


图6 在电阻上消耗的功率

因此,例如,在图6的300Ω电阻上产生的功率为

$$P = 3 \times 0.01 = 0.03 \text{ (W)}$$

电阻的额定功率是 $\frac{1}{16}$ W (0.0625W),

$\frac{1}{8}$ W (0.125W), $\frac{1}{4}$ W (0.25W),

$\frac{1}{2}$ W (0.5W), 1W, ...。在考虑电阻值的同时也需考虑额定功率,这是选择电阻的一个要点。

LED 的串联连接

一说到电灯的串联连接会立刻想到圣诞树上的电灯的连接。这里,我们首先考虑一下使用LED的串联连接电路(参见图7)的限流电阻。使用12V的电池作为电源,使5个LED点灯。

$$R(\Omega) = \frac{12 \text{ (V)} - 2 \times n \text{ (V)}}{10 \text{ (mA)}} \quad \begin{array}{l} \text{限流电阻} \\ \text{(电源电压) (1个LED的正向电压)} \\ n=5, 5 \text{ 个LED} \end{array}$$

$$= \frac{12 - 10}{0.01}$$

$$= 200(\Omega)$$

--- (流过LED的电流)

如果使用的LED是同类的LED,它们的亮度一致,如果使用的是其他种类或者颜色不同的LED,亮度虽然不同但是还点灯。在使用几个LED的情况下,即使仅有一个地方的极性弄错,所有的LED就都不会点亮。

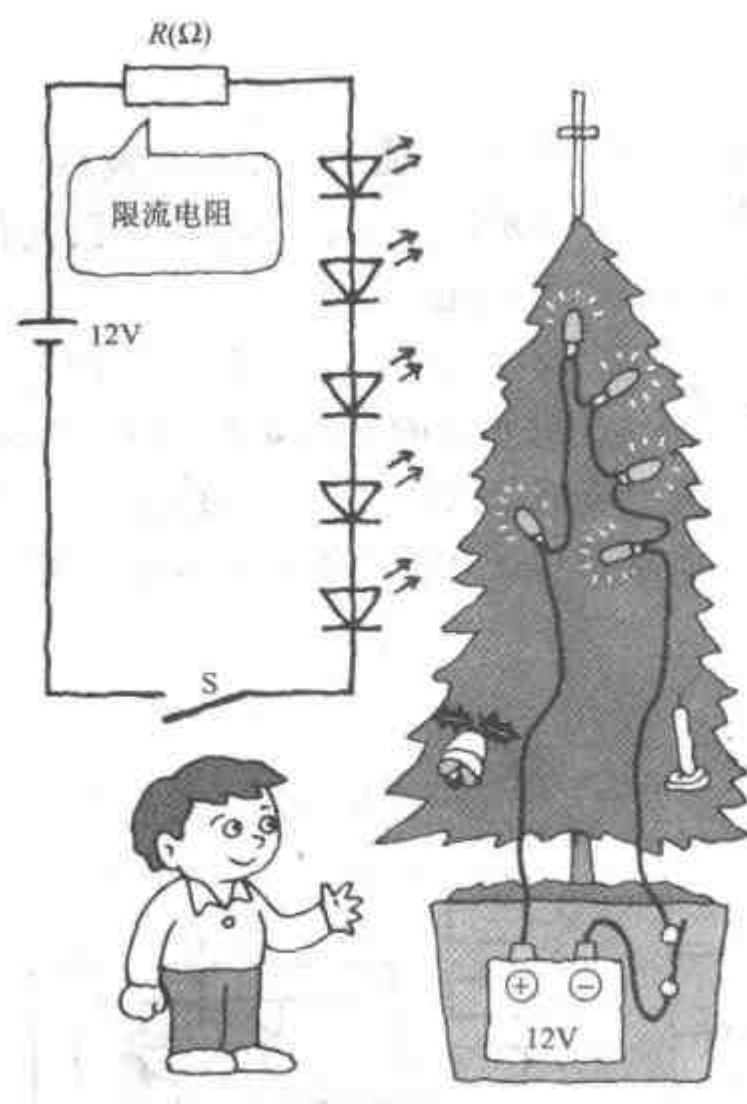


图7 LED的串联连接

LED 的并联连接

在将 LED 并联连接的情况下,如图 8(a)所示,仅仅将 LED 并联连接时,有时会产生亮度不一致的情况。因此,应如图 8(b)所示,将限流电阻和 LED 串联连接后再并联连接。

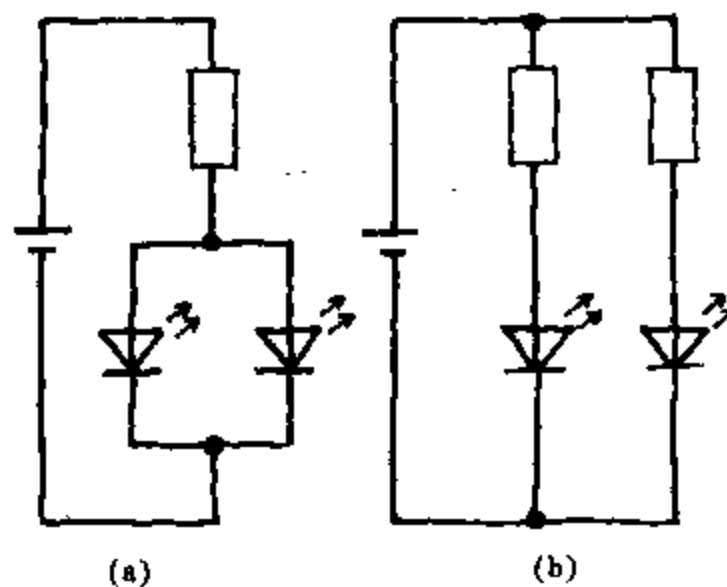


图8 LED的并联连接

7 段元件的点灯

使用如图 9 所示的 LED 芯片,将能够表示英文及数字的 LED 显示器称为 7 段元件,它大多作为数字显示元件使用。在驱动 7 段元件的情况下,几乎都使用用于这种用途的专用 IC(集成电路)。

基本上是使用 7 个段的 LED 和一个起小数点作用的点(Dp),共计使用 8 个 LED 组成 LED 显示器。7 段元件的连线如图 10 所示,阳极或者阴极为公共节点,相反一侧引出一条一条的公共线。例如,在图 9 中,若希望表示“1”,使 B 和 C 的 LED 上流通电流就可以了,为了表示“0”,则需使 ABCDEF 的 LED 上都流通电流就可以。

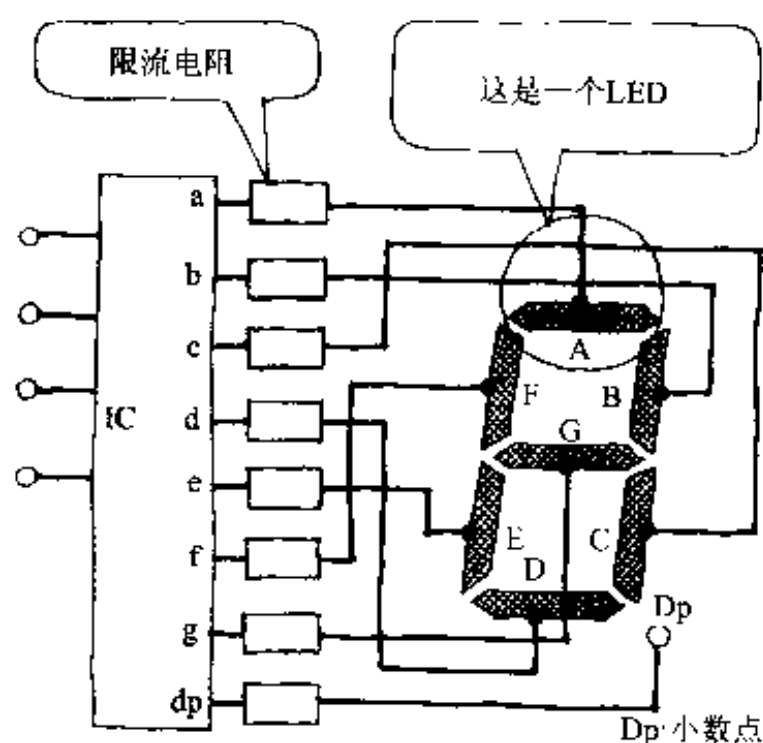


图 9 7 段元件点灯电路

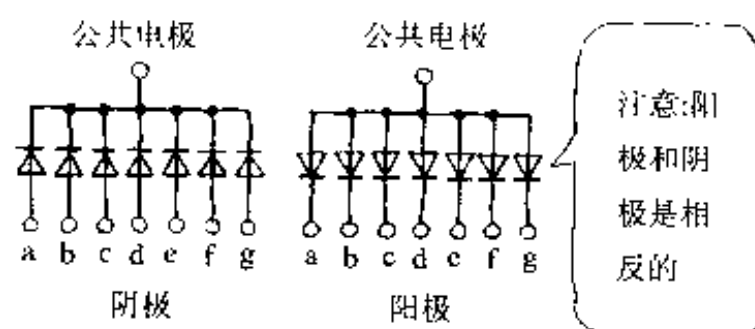
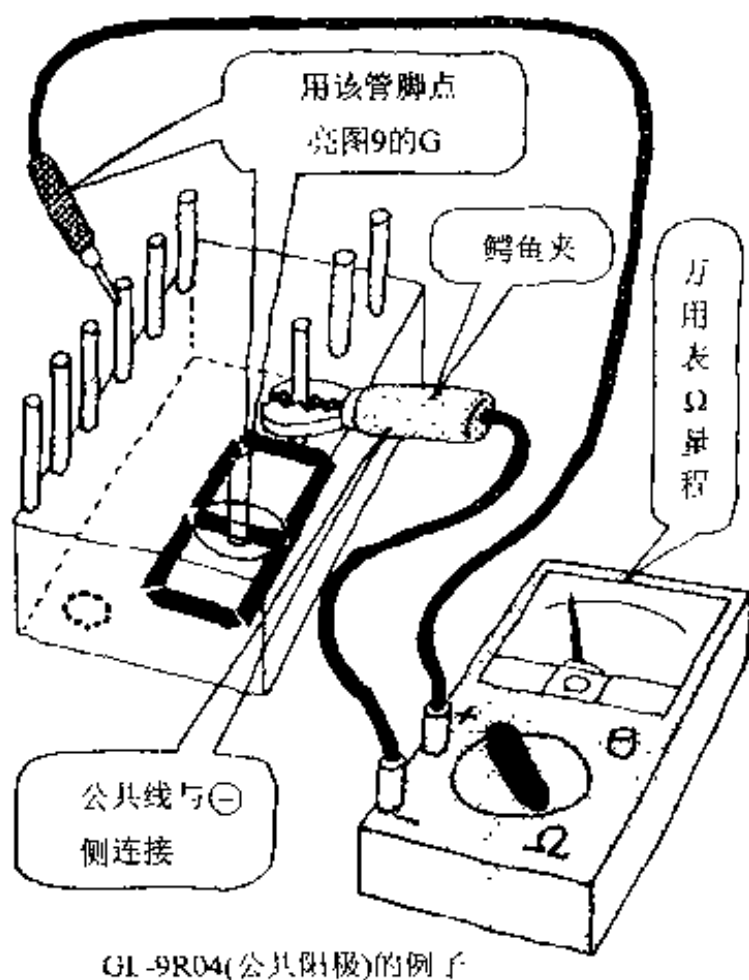


图 10 7 段元件的连线

基本上,7 段元件是 LED 的并联连接,所以当电源电压为 5V 时,限流电阻为 300Ω 左右就合适。

7 段元件管脚的确认

在确认 7 段元件管脚与哪一个 LED 元件连接时,可使用万用表的 Ω (电阻)量程简单地测量(参见图 11)。



GL-9R04(公共阳极)的例子

图 11 7 段元件管脚的检查

练习题

1. 在使用 24V 的电压使 LED 点灯时,需要与 LED 串联几欧的电阻?(设流经 LED 的电流为 10mA)。
2. 所谓 7 段元件是什么?

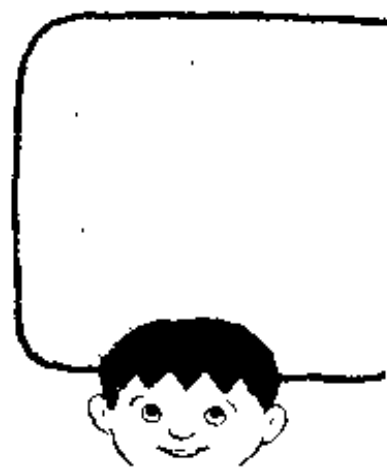
解答

1. 2200Ω
2. 7 个 LED 的组合,是能够表示 0~9 的显示元件。

7

示波器的使用方法

——用波形观察看不见的“电”



“电”是用眼睛看不到的,但是,电气信号作为波形用示波器就能够在显像管上看到。用电压表或者万用表测量交流 100V 时,指针就能表示出有效值 100V 的大小来。但是,用万用表或电压表却不能观察如图 1 所示的电压的大小随时间变化的样子。

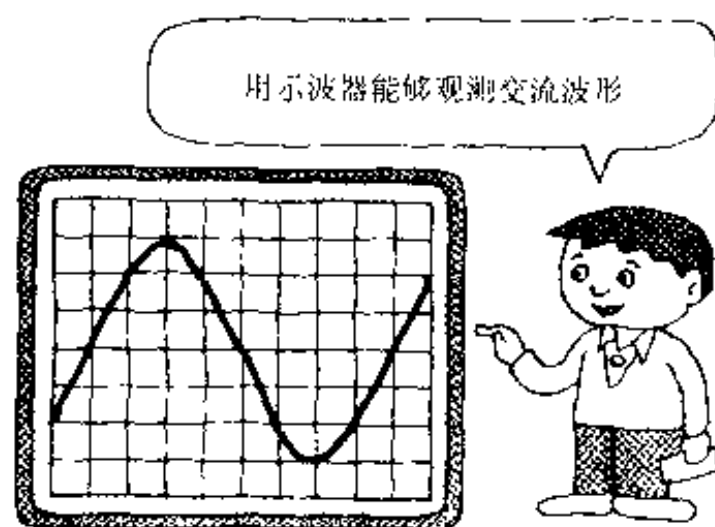


图 1 交流波形

使用示波器时,能够在阴极射线管的屏面上连续地观察交流的瞬间、瞬间的电压波形变化。阴极射线管示波器是能够将这种“电气”随时间的变化作为波形观测的测量仪器。示波器是在电子仪器的特性测量和修理、调整时,经常使用的测量仪器,可以说:如果没有示波器,就没有现在电子仪器的发展。

阴极射线管屏面的坐标轴

如图 2 所示,阴极射线管屏面的 X 轴方向表示时间、 Y 轴方向表示电压的大小,瞬间的电压的大小用点(亮点)表现出来。连续的点就连成了线,电压的变化就能够作为波形观察。

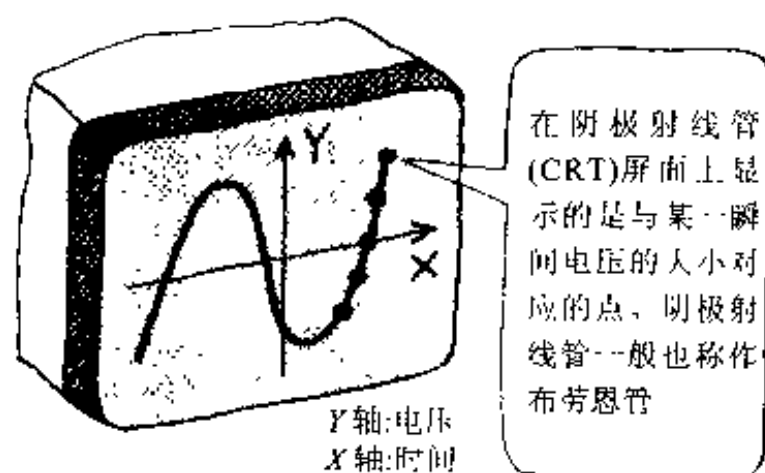


图 2 阴极射线管屏面的坐标

阴极射线管的结构

如图 3 所示,阴极射线管由电子枪部、偏转电极部、荧光屏面三部分组成。电子枪部由产生电子线(也称作电子束)的阴极,将电子线在高电压下加速的加速电极和用凸透镜将电子线聚焦的聚焦电极组成。在电子枪部放射出的高速电子线,保持原状态与荧光屏面中央部冲撞,其时产生的能量产出光(亮点,也称点)。

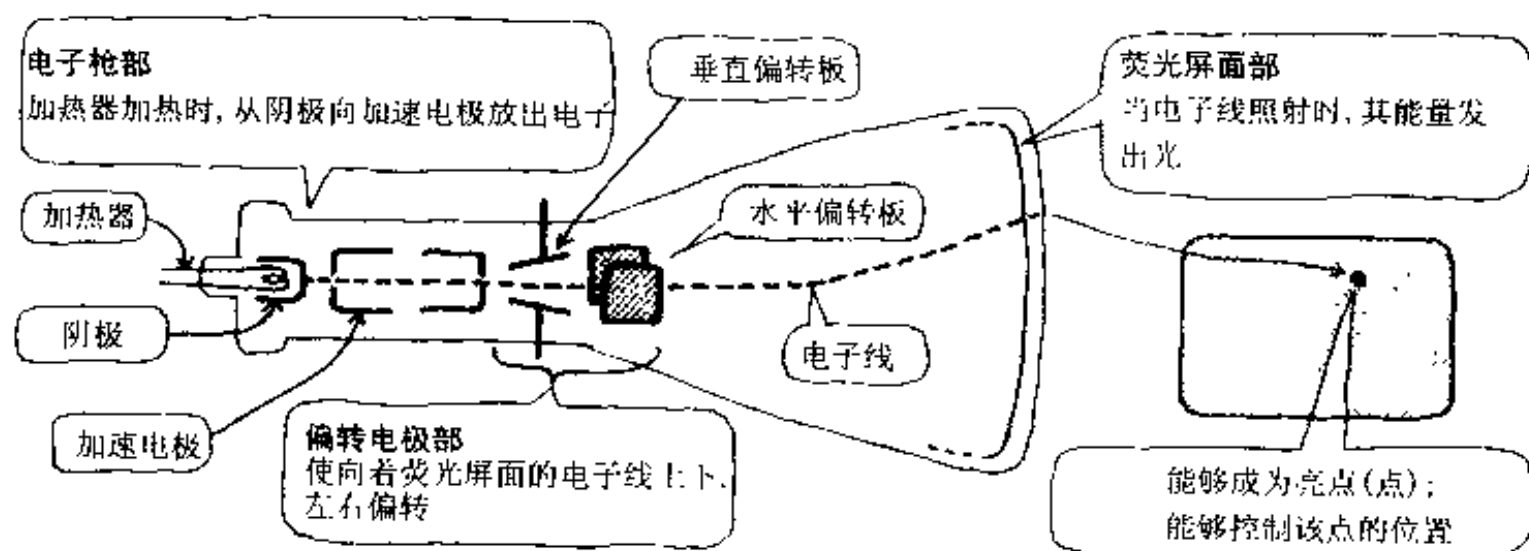


图 3 阴极射线管的结构

如图 4 所示,由于电子线具有负电荷,所以就向加在偏转电极间的直流电压的 + 侧的偏转电极板侧偏移。这种偏移就称为偏转,偏转电极部就利用了这种电子偏转的性质。偏转量与施加在偏转板上的电位差(电压)成比例。

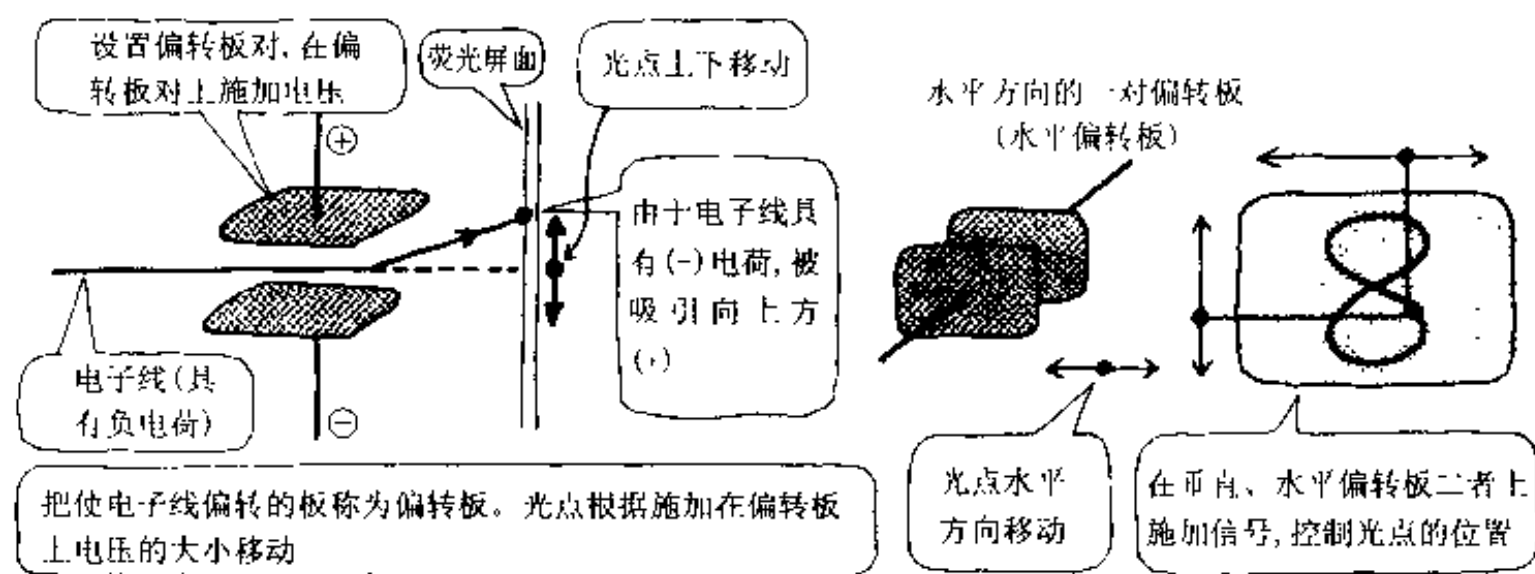


图 4 电子线的偏转和点的移动

实际的示波器中偏转板由使电子线上下(垂直)方向偏转的垂直偏转板和使电子线左右(水平)方向偏转的水平偏转板两组偏转板组成。所以,如图 5 所示,由加在各个偏转板上的直流电压改变电子线在阴极射线管屏面上的点的位置。

现在,如图 5 所示,在垂直偏转板的下侧施加 + 电压,在水平偏转板的左侧施加 + 电压,使光点从 A 偏转向 B。在荧光屏面,当电子线与涂敷了荧光物质的玻璃面(屏幕)冲突时,就会发光。



为什么能够看到波形?

在水平偏转板上施加如图 6 所示的对时间成直线性变大的锯齿波时,亮点就在水平方向以一定的速度移动。这样,将光点沿水平方向连续地反复移动称为扫描(扫描 → 就像用扫帚从左到右反复地扫)。点移动单位长度需要的时间称为扫描时间。

现在,如图 7 所示,同时在垂直偏转板上施加观测信号(例如,正弦波),在水平偏转板上施加锯齿波信号时,在屏幕上则显现正弦波,能够观测它随时间变化的样子。

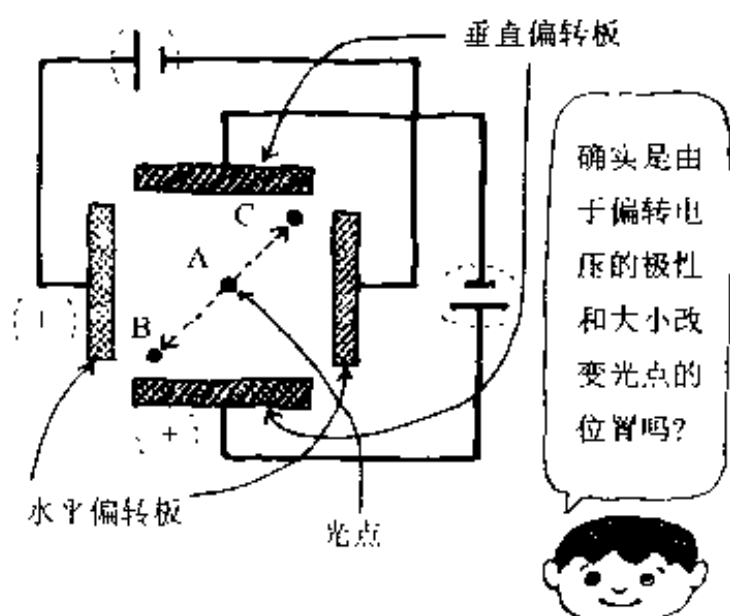


图5 偏转电压和点的位置

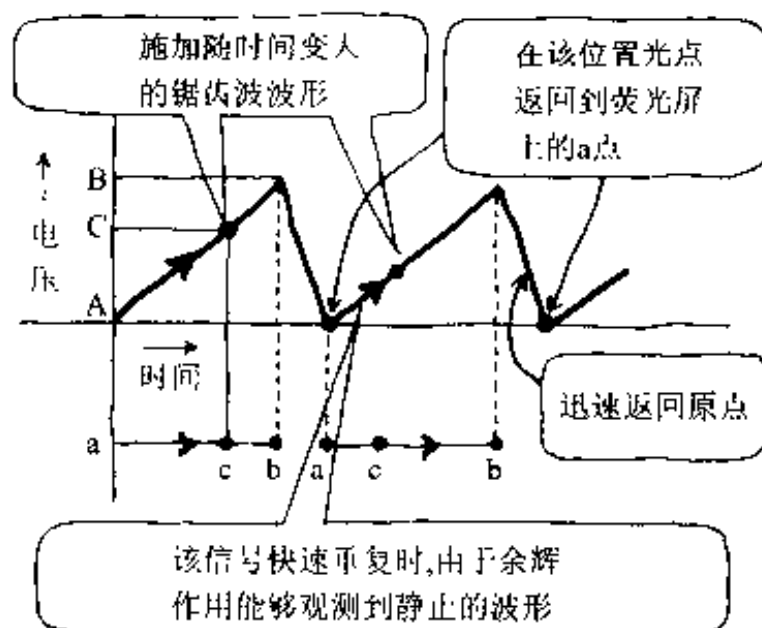


图6 锯齿波波形

同步

如图8所示,并不限定总是将欲观测的信号和锯齿波从同一位置开始。如图所示,对于锯齿波(a),可观测到波形的重叠显示。

为使波形静止,如图8(b)所示,必须将锯齿波与欲观测的波形从相同的位置开始(即扫描)。将该操作称为“取同步”。

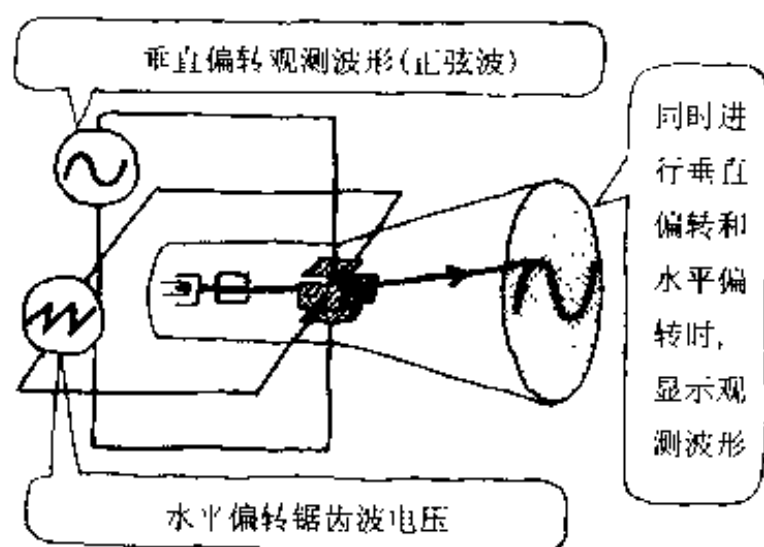


图7 波形的观测

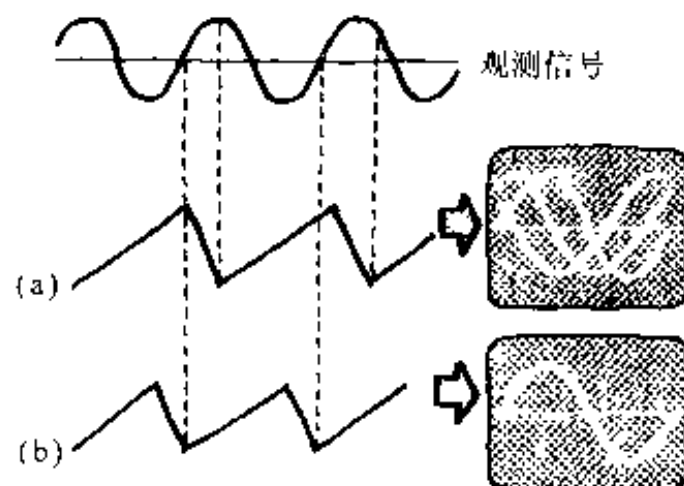


图8 锯齿波电压和观测波形的关系

触发扫描

为了“取同步”,最好是在输入信号波形的某一规定点上将枪的“扳机”咚的一下引发,使锯齿波开始启动。这样的扫描方式称为触发扫描。在这种方式中,由于如图9所示那样是输入信号的一部分进入触发电路进行扫描,所以能

// 第1章 电子电路的基础知识

够取得同步。另外,通过调整触发电平可以决定从波形的哪个位置扫描。

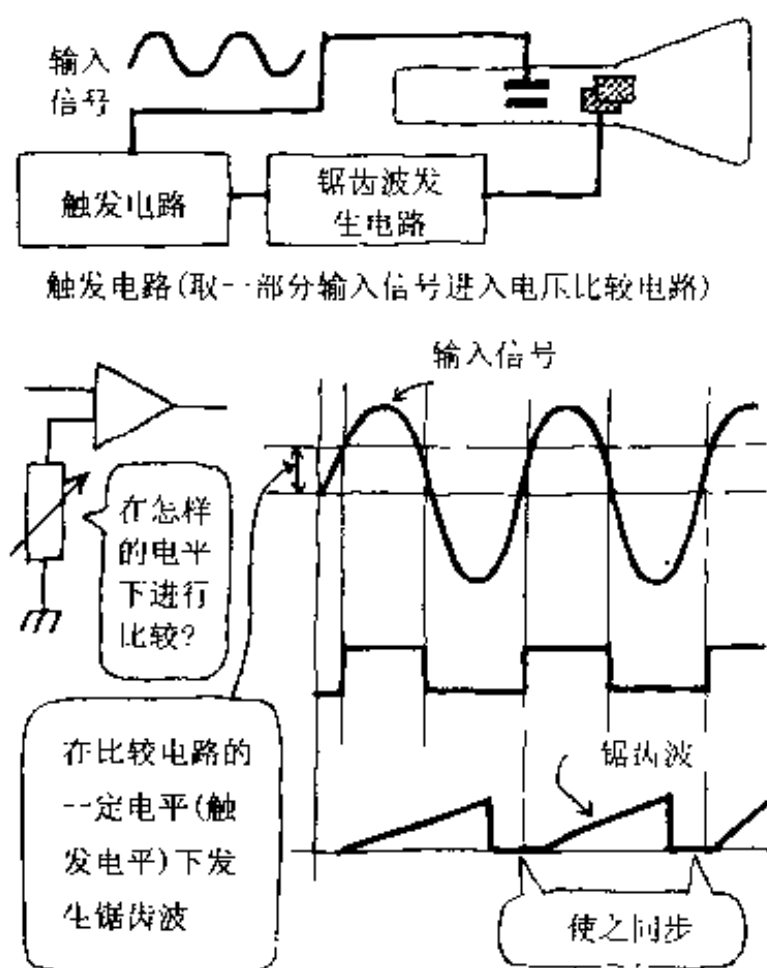


图9 触发扫描的结构

示波器的校准

为了用示波器进行正确的测量,由本体上的 CAL 信号(校准用信号)端子输出的矩形波进行电压灵敏度及时间轴的校正,探头(参见图 10)的相位调整及示波器的工作确认。

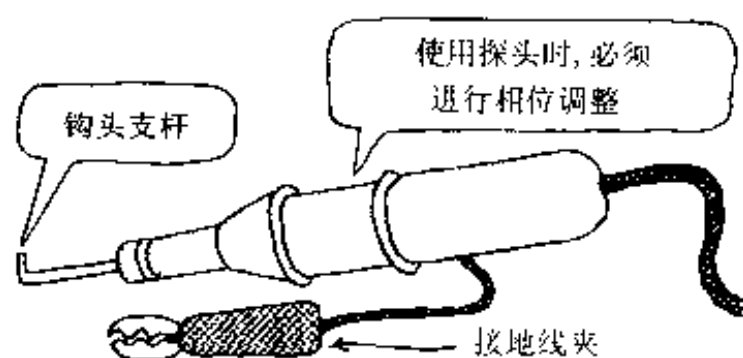


图10 探头

用示波器观测波形

示波器不仅用于波形观测,也能用于测量直流和交流的电压、电流的大小。并且,由于能够测量交流波形的周期,所以就能够计算频率,即该周期的倒数。进一步,还能够描画利萨如图形测量相位差。

通过设定 V/div , 将电压的显示波形的大小设定在荧光屏面宽度的60%~80%左右,容易读取振幅的大小。

在测量直流时连接到 DC 量程,测量交流时连接到 AC 量程。对于正弦波,如图 11 所示,测量 V_{P-P} (从峰值到峰值) 时,可由下式求出有效值和最大值:

$$\text{有效值} = \frac{V_{P-P}}{2}\sqrt{2}, \quad \text{最大值} = \frac{V_{P-P}}{2}$$

从“ $t/\text{div} \times$ 管面上的刻度数”求出 1 个周期的时间,由下式算出频率。对于图 12 的示例,

$$\text{周期 } T = 8(\text{div}) \times 1\text{ms}/\text{div} = 8\text{ms}$$

$$\text{频率 } f = 1/T = 1/8 \times 10^{-3} = 125(\text{Hz})$$

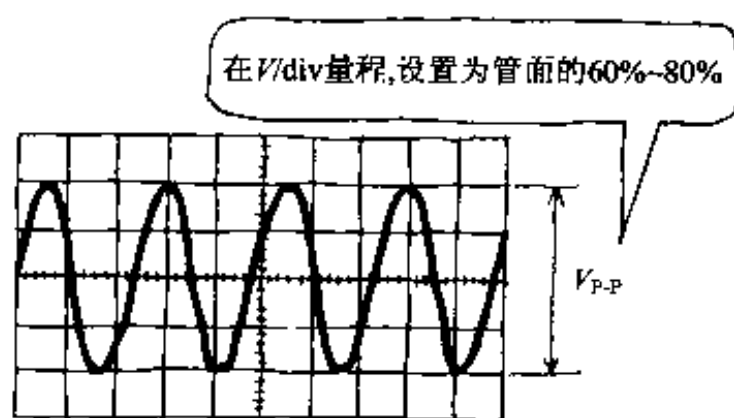


图 11 电压的测量

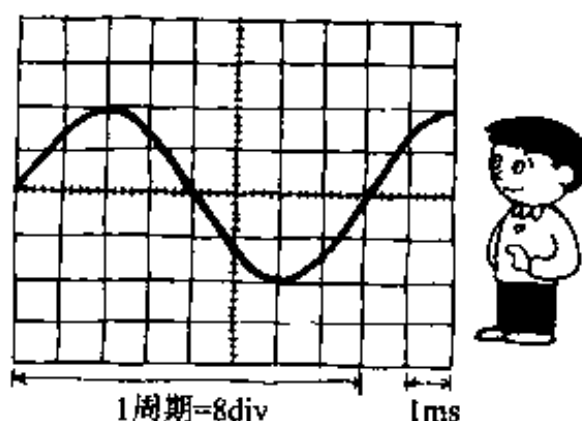


图 12 频率的测量

练习题

1. 在屏幕上显示了如图所示的交流正弦波形。

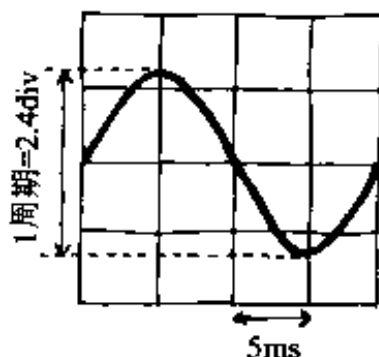
V/div 旋钮是“10V”。 t/div 旋钮是“5ms”。

求电压的最大值、有效值,频率。

解答

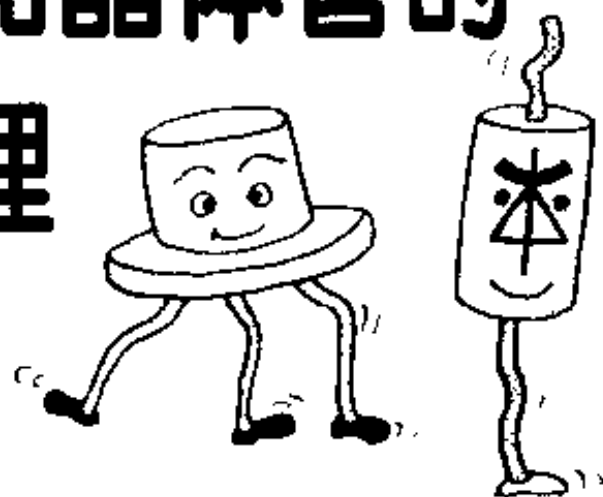
1. 最大值 $2.4/2 \times 10 = 12(\text{V})$, 有效值 $12/\sqrt{2} = 8.48(\text{V})$

频率 $= 1/5 \times 4 \times 10^{-3} = 50(\text{Hz})$



8

二极管和晶体管的工作原理



半导体的进展

可以说,与真空管相比,小型化、寿命长的二极管和晶体管等半导体器件使电子学迅速发展,创造了今天的电子技术社会。而且,现在在一个芯片中集成几百万个晶体管等的 IC(集成电路)也被开发出来。

被组合在 IC 中的几百万个晶体管中的每一个的基本动作都与单个晶体管相同。图 1 是 IC 的内部电路的例子。

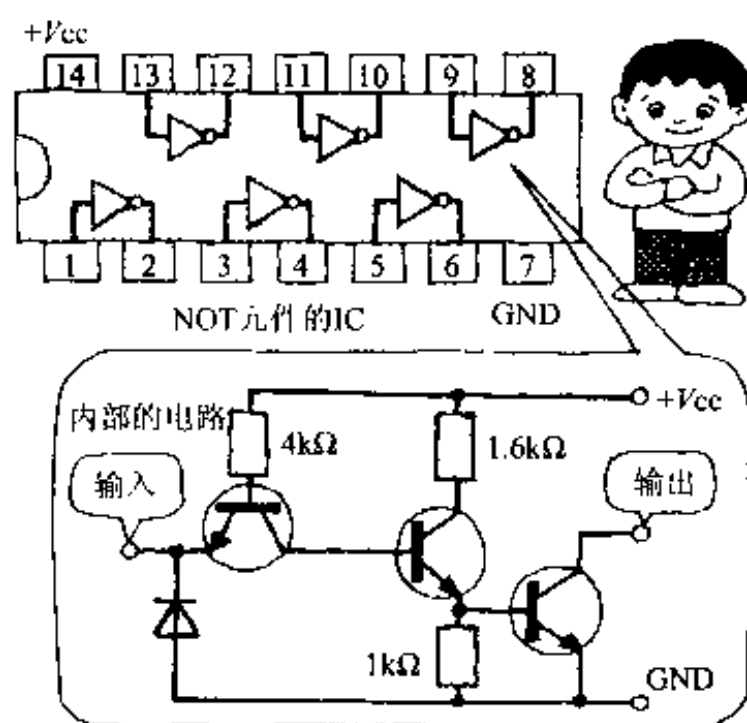


图 1 IC 和它的内部电路的例子

与 IC 化的同时,满足新用途的单个晶体管的研究开发也在迅速进展中。本节,我们将介绍构成电子电路基础的二极管和晶体管的工作原理等基础知识。

什么是半导体？

按电阻率对物质进行分类时,可分为以下几类。

导体:铜、铝等导电性好的物质。

非导体:瓷器、橡胶、胶木等难于导电的物质,也称为绝缘体。

如图 2 所示,具有在导体和绝缘体之间电阻率的物质称为半导体,有锗、硅、硒等。硅是经常使用的半导体材料。这些半导体具有温度升高时电阻大幅减小的性质(金属等温度升高时电阻变大)。代表性的半导体硅虽然被制作成 99.999 999 999 9%,是 12 个 9 并列那样的高纯度,但是,由于微量杂质的混入会使电阻率产生很大的变化。这样,半导体具有对外来影响敏感的性质。

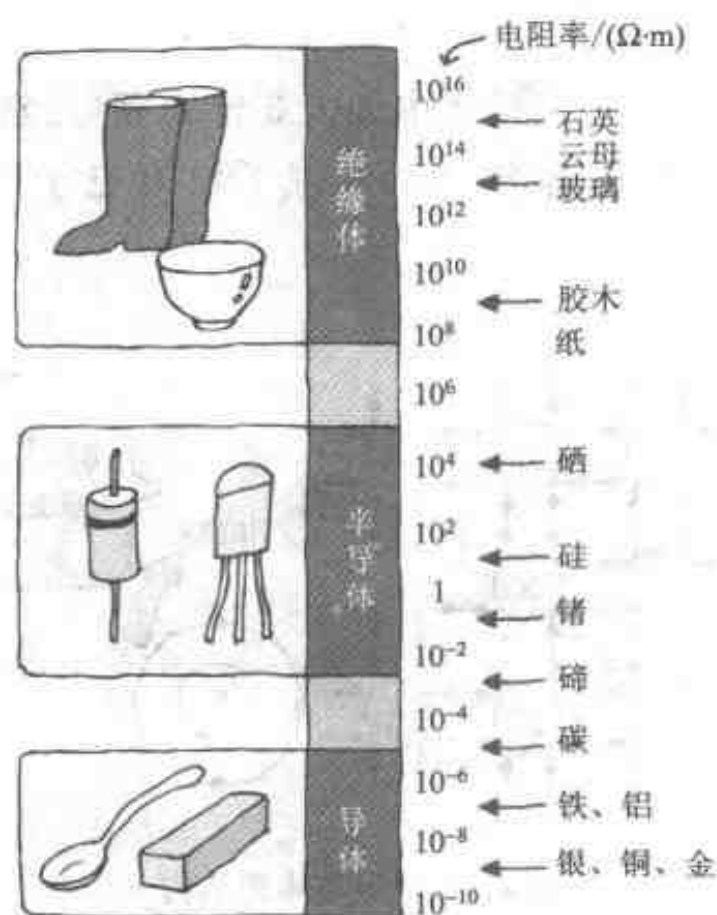


图 2 导体、半导体、绝缘体

N 型半导体

如图 3 所示,在纯度高的 4 价硅(元素符号 Si)中加入极少一点 5 价的砷(元素符号 As),在半导体内部就多出一个自由电子。就是说,由于添加了 As 就制造了传送“电气”的自由电子。所以,就成为电流容易流动的半导体了。

这种情况下,多余的电子就成了“电”的传送者。将这种传送者称为载流子。如图 3 所示,“负”(negative)的电子成为载流子的半导体称为 N 型半导体。

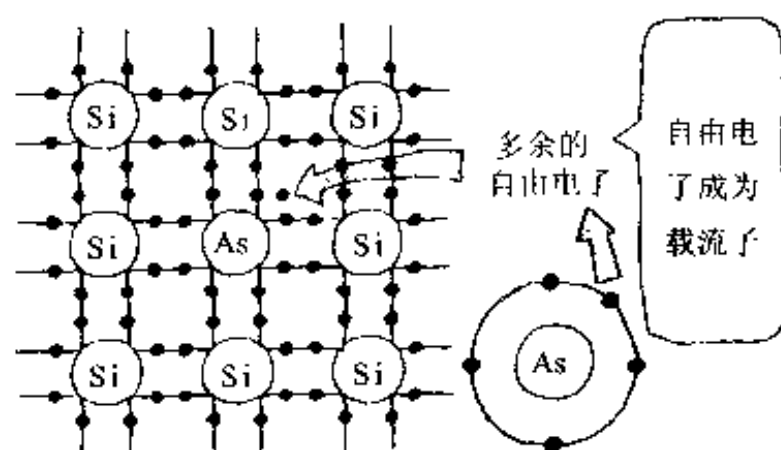


图 3 N 型半导体的结构

P 型半导体

如图 4 所示,在 Si(4 价)半导体中加入 3 价的硼(元素符号 B)时,由于 B 缺少一个电子,在与 Si 结合的部分上就产生了没有电子的“孔”(空穴,也称为 hole)。

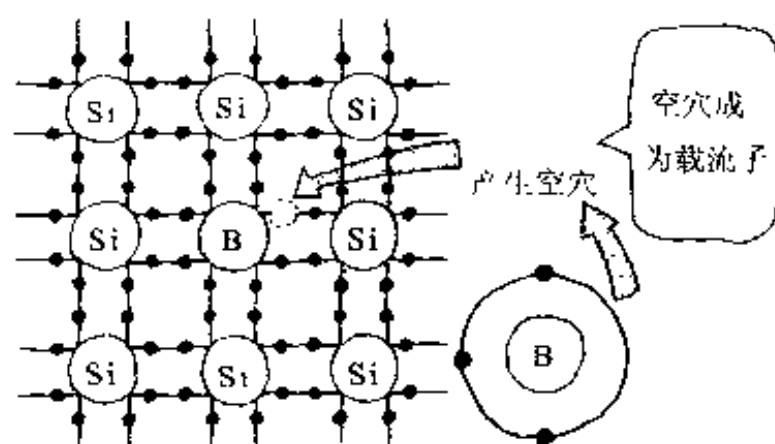


图 4 P 型半导体的结构

一般地说,由于半导体原子间的连结较弱,总是在寻找着能够移动的場所(空穴)和机会。

由于 3 价的杂质在半导体内部产生空穴,因此,接连不断地空穴移动就会产生如图 5 所示的电子移动,这样,电流就流动起来。注意,空穴的移动与电子移动的方向相反(被引向(-)极)。

所谓的空穴是带有正(positive)电的意思,这样,以空穴作为载流子的半导体称为 P 型半导体。

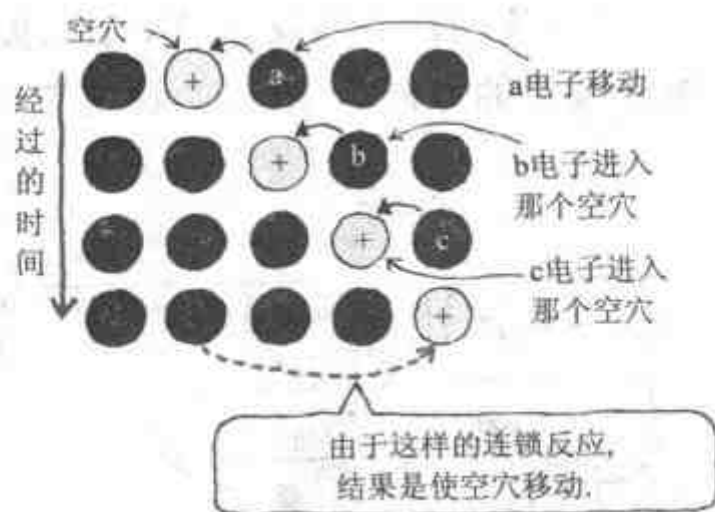


图5 空穴的移动

PN 结二极管

如图6所示,将P型半导体和N型半导体邻接制成的东西称为PN结半导体。虽然在P型半导体中存在空穴载流子、在N型半导体中存在自由电子载流子,但是,当不施加电压时,载流子就不能超越PN结面存在的势垒,不能结合在一起。其次,如图7所示,在N型区施加“+”电压在P型区施加“-”的电压,N型区内的载流子电子被吸引向“+”,P型区内的载流子空穴被吸引向“-”。电子和空穴不能通过PN结面时,电流就不能流通。

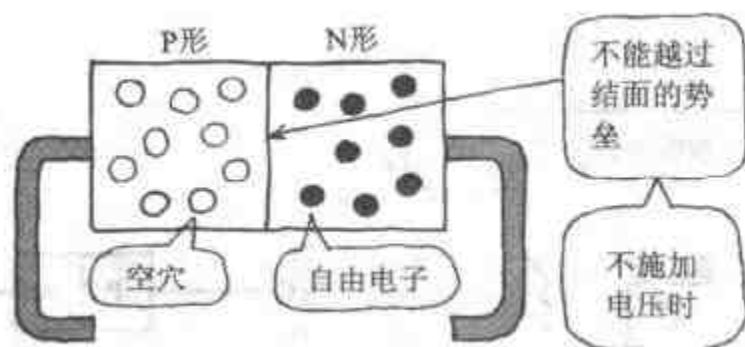


图6 PN 结半导体

另外,如图8所示,在P型上施加“+”电压、在N型上施加“-”电压试试看。这时,P型半导体的空穴被吸引向负极,N型半导体的电子被吸引向正极。由此,各自的载流子空穴和电子都跨越结面的势垒相互进入对方的区域。这样,电流就流通,电灯就点亮。

由此,我们可以明白:当在P型半导体上施加“+”电压、在N型半导体上施加“-”电压时,就产生载流子的移动,电流就流动。

这样的PN结半导体由于施加电压方向(极性)不同,显示出不同的电学性

// 第1章 电子电路的基础知识

质。利用这种电流沿一个方向流动性质的就是PN结二极管。通常,简称为二极管。在二极管中,称电流流通的方向为正方向,称电流不流通的方向为反方向。

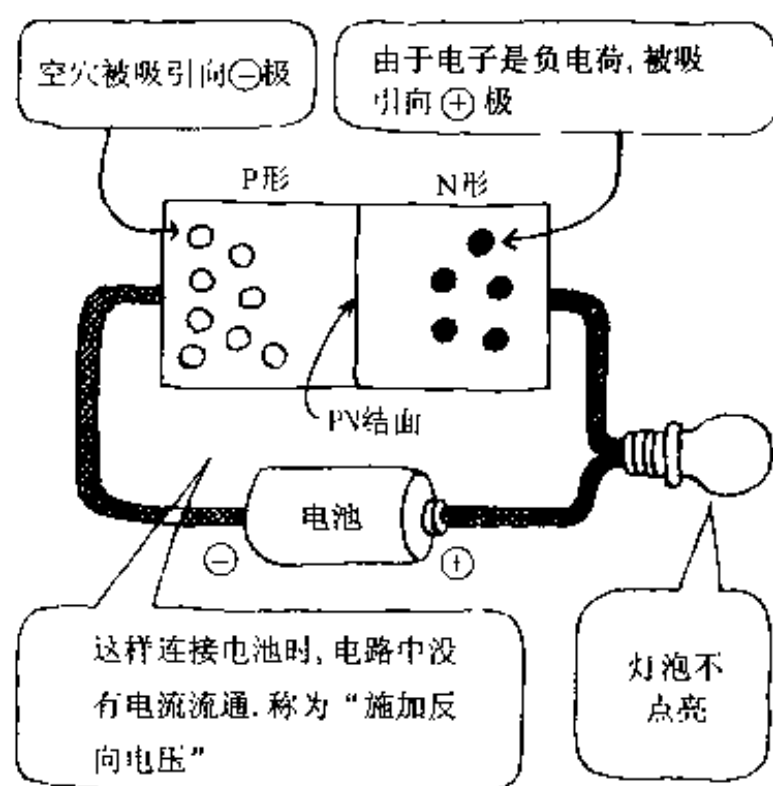


图7 PN结半导体和反向电压

图9是二极管的图形符号和电极的表示。图形符号的箭头方向表示电流的流动方向(正方向)。

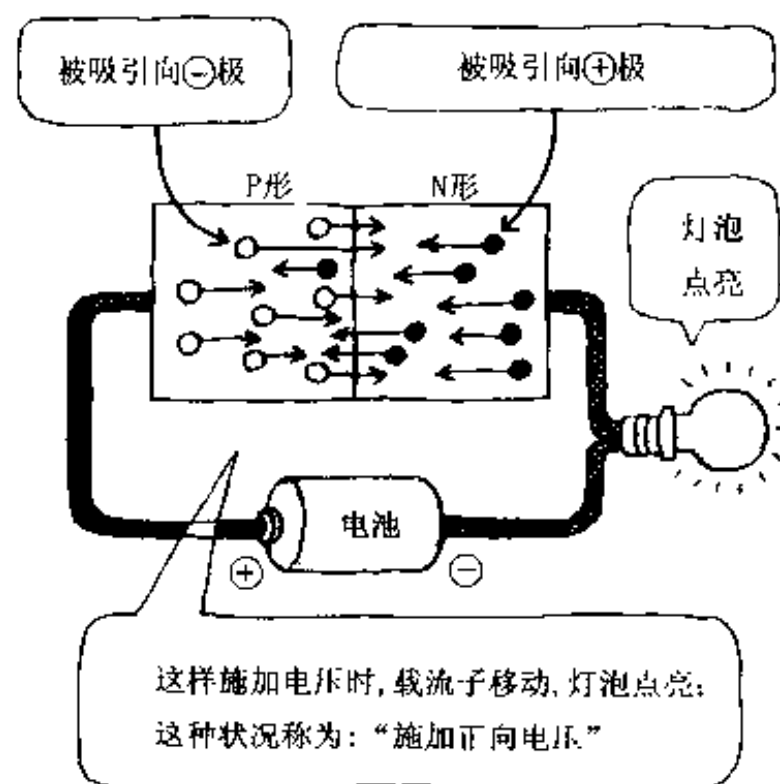


图8 PN结半导体和正向电压

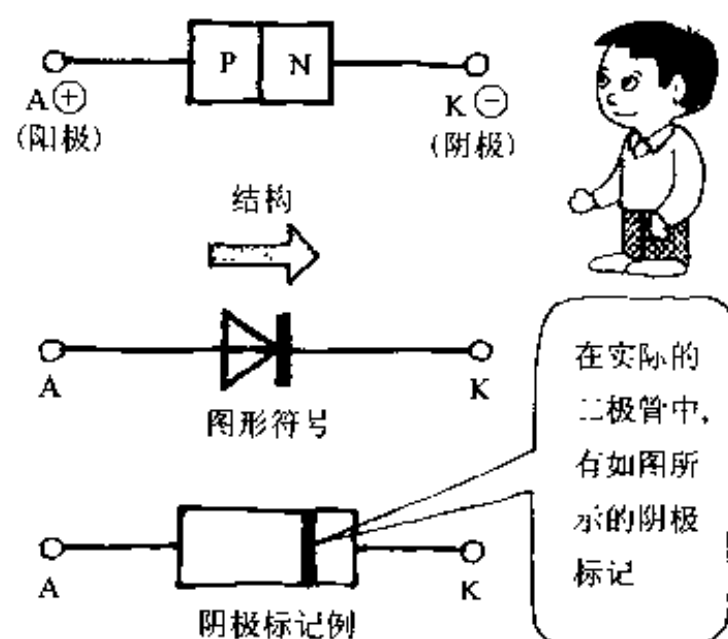


图9 二极管的表示方法

晶体管的结构

下面,我们要介绍晶体管了。基本上说,它是在迄今我们已介绍过的二极管的PN结上再组合上P型或者N型半导体形成“三明治”样的东西,如图10所示,晶体管有NPN型和PNP型。

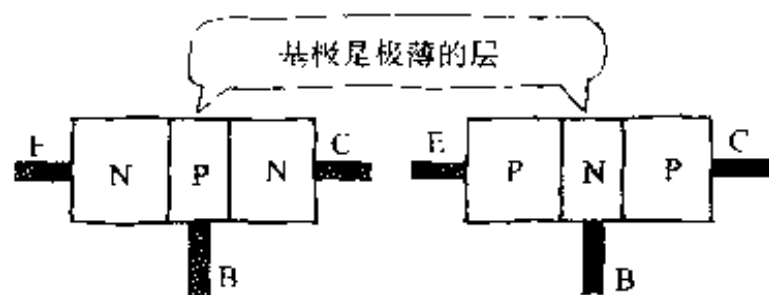


图 10 晶体管的结构

-(要点)-

半导体在英语中是 semiconductor。conductor 是导体的意思,semi 是一半的意思。按照文字的意思,合起来就是半导体。IS 1588(二极管的一种)、2SC 1815(晶体管的一种)中的 S 就是半导体的英文单词的第 1 个字母。

不管哪种类型的晶体管,它的中央层都称为基极(符号 B),被制作成数微米(μm)的极薄的一层。而且,夹持着基极,它的一方称为发射极(符号 E),另一方称为集电极(符号 C)。

NPN 型晶体管

如图 11 所示,在 B、E 间施加正向电压 $E_B(V)$ 时,虽然发射极内的一部分电子与基极的空穴结合,由于基极极薄、又在 BC 结面上施加了更高的“+”电压,因此,发射极内的电子几乎都流进了集电极。由此,可从集电极向发射极流进很大的电流。

PNP 型晶体管

如图 12 所示,PNP 型晶体管的原理也一样。在发射极-基极间施加电压 $E_B(V)$,由于与 NPN 型同样的理由,发射极内的空穴移动到集电极内。空穴成为载流子,电流从发射极流向集电极。在向二极管和晶体管等半导体上连接电源时,要注意极性。

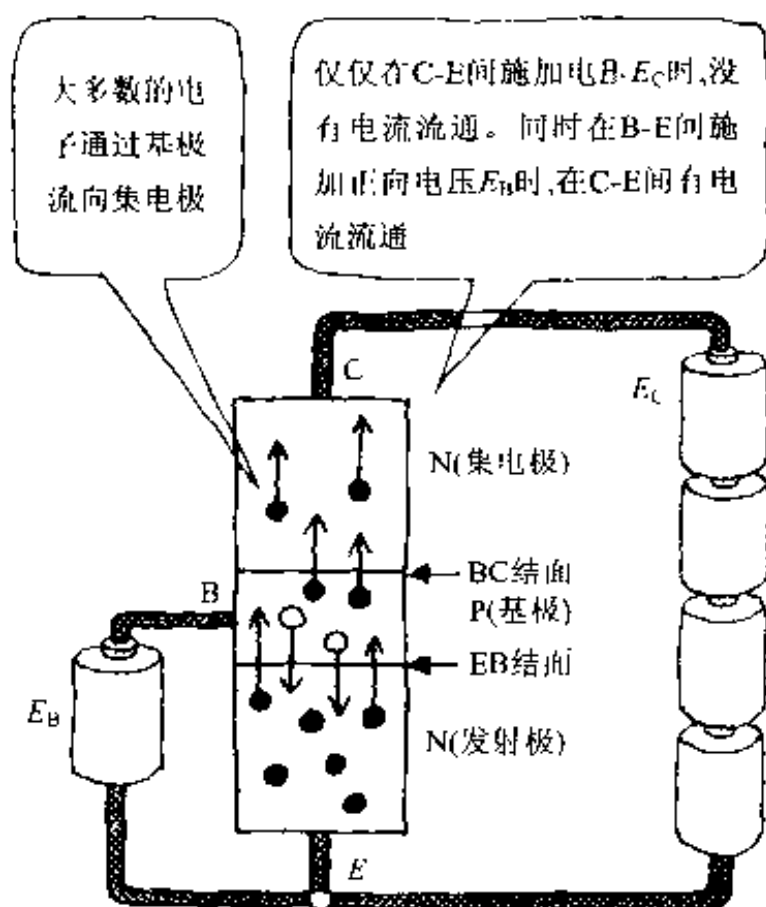


图 11 NPN 型晶体管 and 正向电压

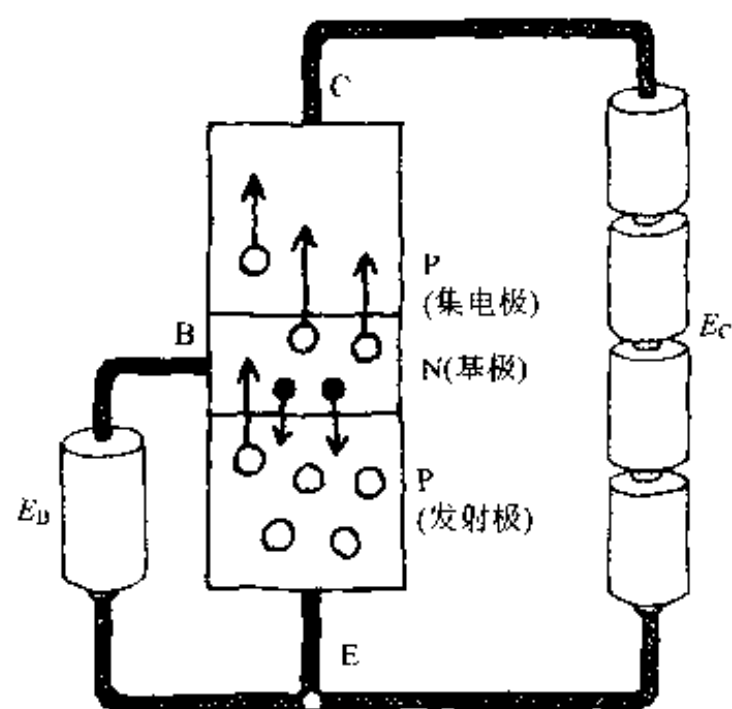
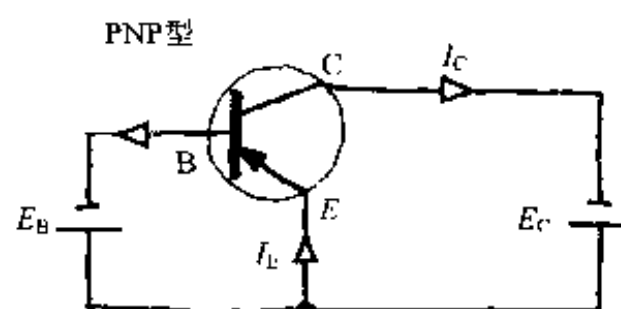
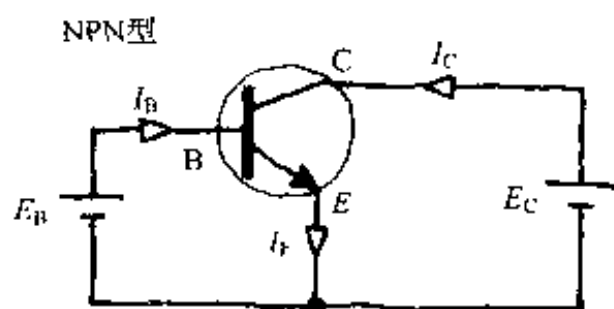


图 12 PNP 型晶体管 and 正向电压

练习题

1. 晶体管有 NPN 型和 PNP 型两类。复习一下它们各自的图形符号,用图形符号将本文中的图 11 和图 12 画成电路图。

解答



9

晶体管的特性



3 个管脚和晶体管的构造

图 1 示出晶体管的代表性的形状。毫无疑问,被称为“3 条腿的魔术师”的晶体管的 3 个管脚是 3 个端子。3 个端子的名称是:发射极 E(Emitter),集电极 C(Collector),基极 B(Base)。

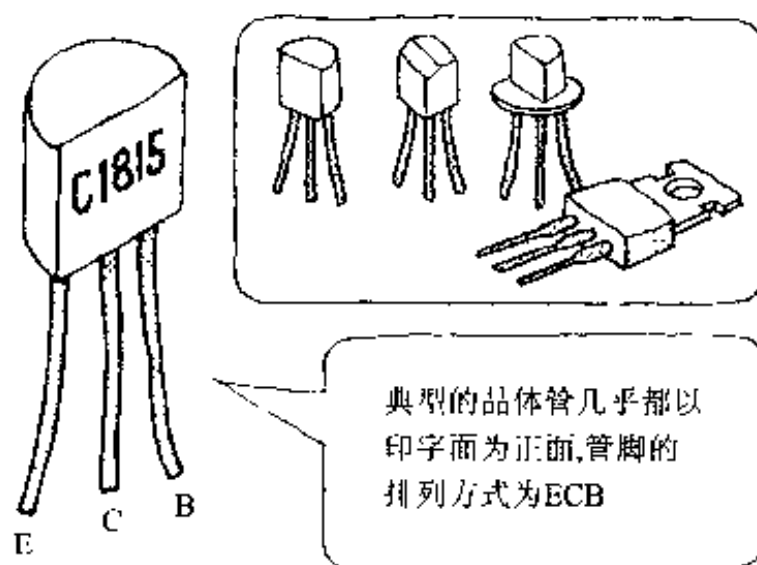


图 1 各种晶体管和端子名

所谓“发射极”,具有发生电子、光、热等,以及放出、注入的意思,“集电极”是与收集邮票一样,具有收集的意思,“基极”的由来是因为晶体管的发明者最初实验制作的晶体管如图 2 所示,在一个台(基极)上插入发射极,集电极端子而制成的,所以这个电极称为基极。

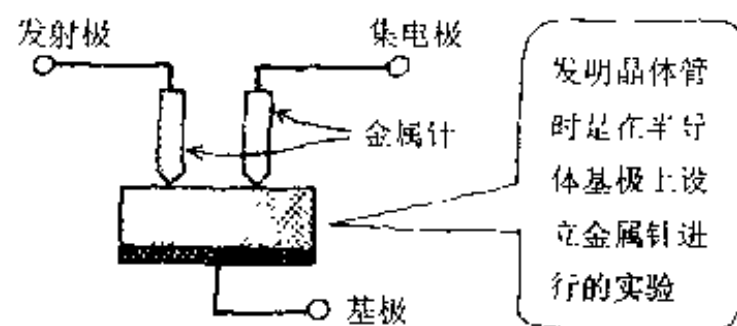


图 2 最初的晶体管

晶体管的结构如图 3 所示,有 NPN 型和 PNP 型 2 种类型。不管哪种类型都是基极在中央,左右是发射极、集电极。晶体管图形符号中发射极上的箭头方向表示电流的方向。

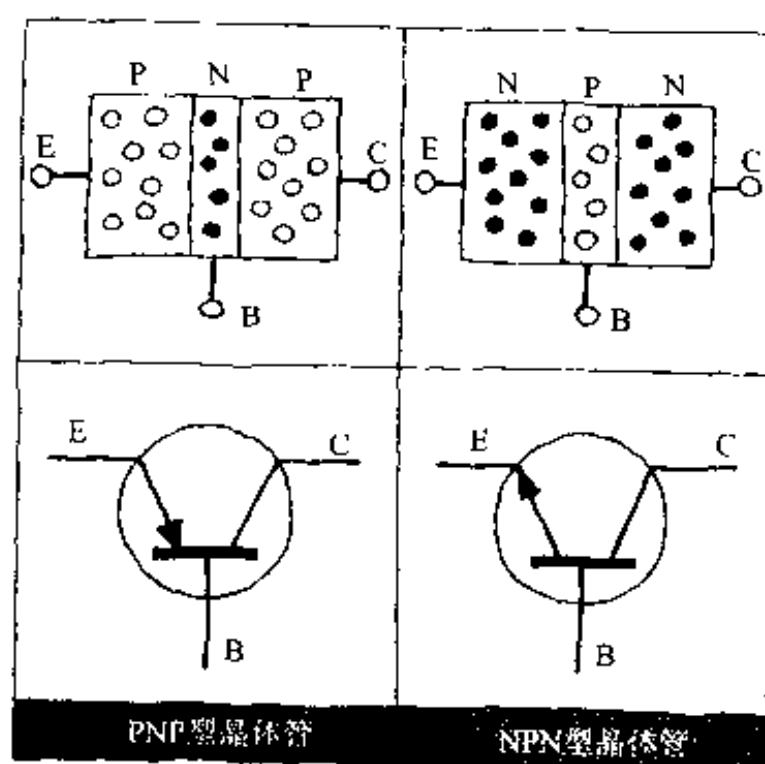


图 3 晶体管的种类

我们分析一下图 3 中的基极和发射极之间,它们之间是一个 PN 结二极管,在它的正方向上附有表示电流流动方向的箭头。当弄不清楚电路图中哪个是 NPN 晶体管或是 PNP 晶体管的时候,只要记住如图 4 所示,发射极的箭头与地图上表示东西南北的北(N)的箭头相同,晶体管中箭头的方向也是指向 N 极。

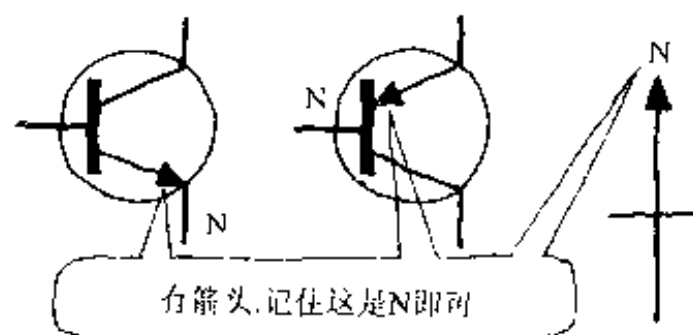
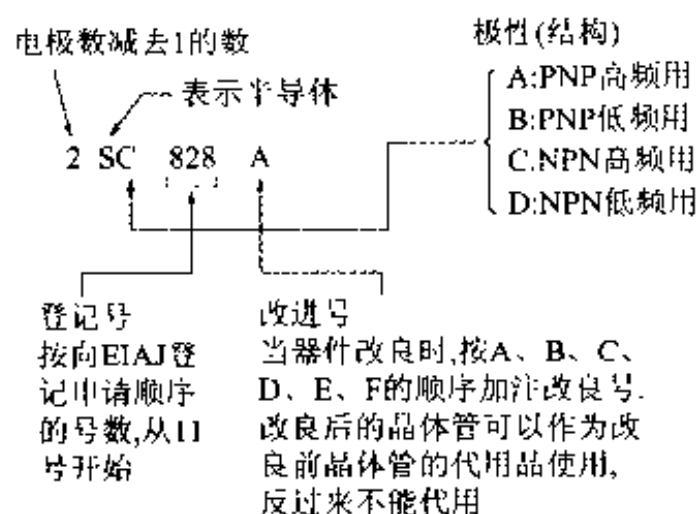


图 4 发射极的箭头方向

晶体管的命名

晶体管的名称根据 JIS(日本工业标准)决定¹⁾。一般称之为 EIAJ 型名。EIAJ 是日本电子机械工业协会的英文拼法的第 1 个字母。

〔例〕



晶体管的放大作用

晶体管具有图 5 所示的将小的信号变成大的输出传送的放大作用。这是晶体管元件的一大特征。对于这种放大,基本上需要如图 6 所示的输入侧和输出侧的 4 个端子。但是,因为晶体管只有 3 个端子,如图 7 所示,有 1 个端子共同使用。并根据该公共端子的名字分别命名相应电路为发射极接地电路、基极接地电路、集电极接地电路。在三种接地方式中最常用的是发射极接地电路。其理由是这种电路使用比较容易,能够得到最大的放大作用。

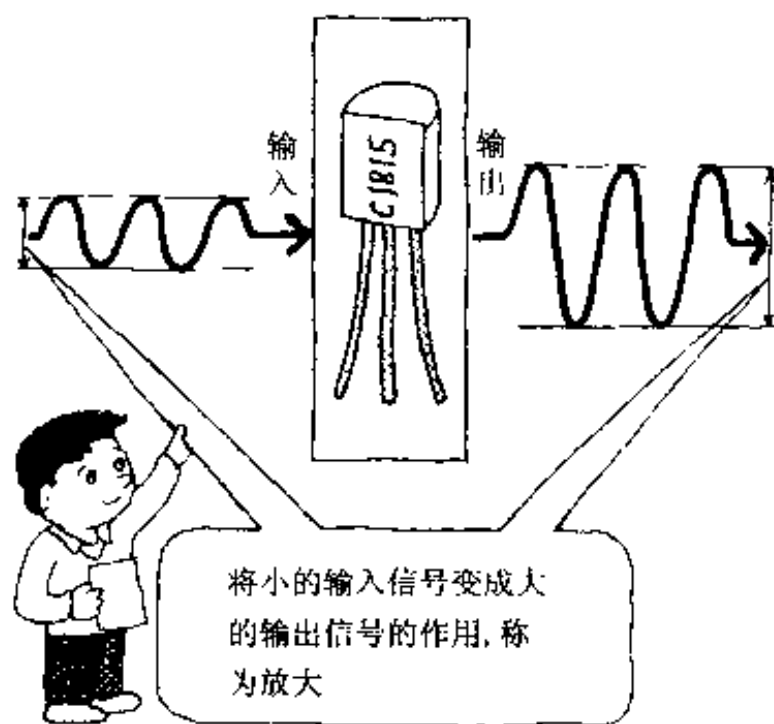


图 5 放大作用

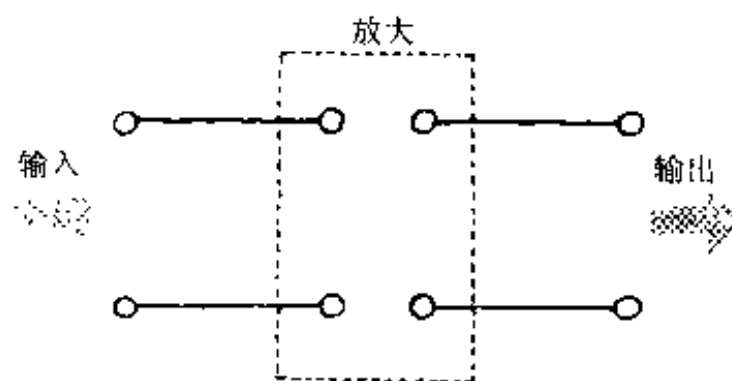


图 6 放大的 4 端子

1) 这是日本对晶体管的命名方法。仅供读者参考。——译者注

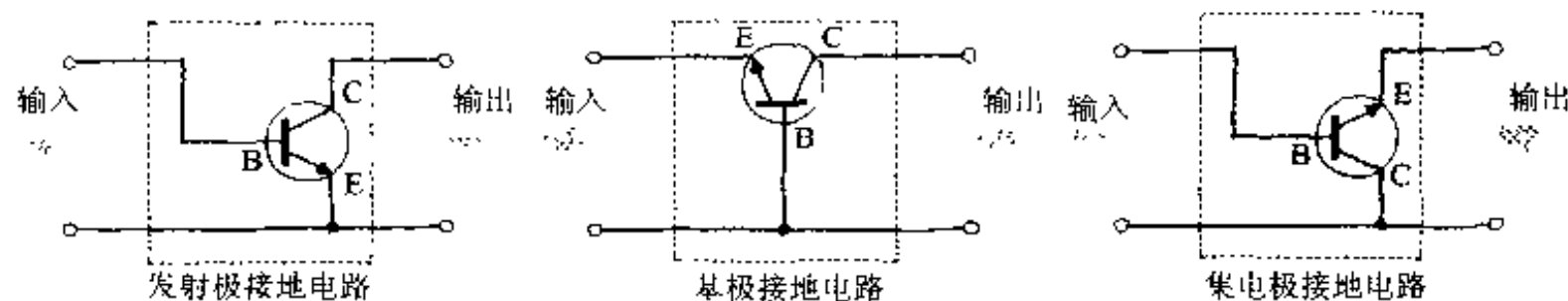


图 7 晶体管的接地电路

晶体管的电流

下面我们来分析在晶体管各电极上流通的电流。在晶体管的图形符号中带有箭头的电极是发射极,而且,由于该箭头的方向也表示晶体管中电流的流动方向,如图 8 可以决定流经各电极的电流。图中各符号的意义如下:

I_B : 流经基极的电流(基极电流)

I_C : 流经集电极的电流(集电极电流)

I_E : 流经发射极的电流(发射极电流)

NPN 型晶体管中,集电极电流和基极电流流入,成为发射极电流,从发射极端子输出。PNP 型晶体管中,从发射极流入发射极电流,从基极和集电极输出。由图可知,在 NPN 型和 PNP 型晶体管中电流的方向相反。 I_B 、 I_C 、 I_E 被晶体管分流,在它们之间适用基尔霍夫第 1 定律,结果如图 9 所示。

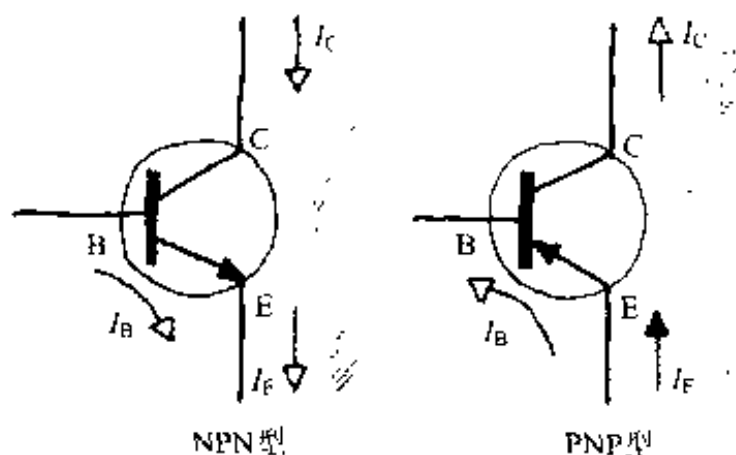


图 8 流经晶体管各电极的电流

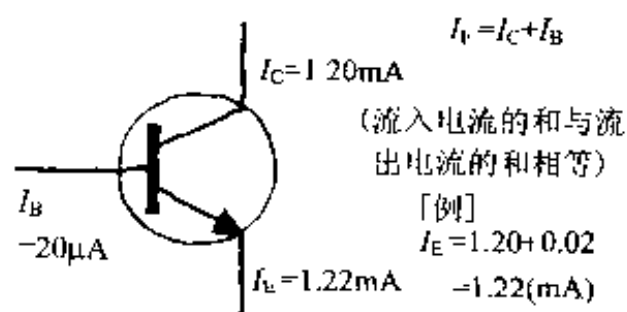


图 9 流经各电极的电流的大小

如上述例子所示,由基极电流和集电极电流的大小能够通过计算求出从发射极端子输出的发射极电流。

直流电流放大系数 h_{FE}

晶体管能够用小的基极电流来控制大的集电极电流。现在,如图 9 所示,

当设定在基极上流过 $20\mu\text{A}=0.02\text{mA}$ 的电流时,在集电极上流过 1.2mA 。这时,因为 $1.2\div 0.02=60$,即,能够将基极电流放大 60 倍。这样,将对应于基极电流流过多少倍的集电极电流的比率称为直流电流放大率 h_{FE} 。

$$h_{FE} = I_C / I_B \rightarrow I_C = h_{FE} \cdot I_B$$

例如,当晶体管的 $h_{FE}=100$,流过的 $I_B=10\mu\text{A}=0.01\text{mA}$ 时,使用该式则可计算出流过集电极的电流为

$$I_C = 100 \times 0.01 = 1(\text{mA})$$

〈要点〉

h_{FE} 和 h_{fe} 的区别

h_{fe} 是与直流电流放大率 h_{FE} 相似的符号,用来表示电流发生微小变化时的小信号电流放大率(也称为对交流的电流放大率):

$$h_{fe} = \Delta I_C / \Delta I_B$$

基极电压和集电极电流

在图 10 所示的电路中,当基极-发射极间的电压 $V_{BE}(\text{V})$ 渐渐上升,直到 0.6V 为止,几乎没有基极电流 I_B 流通。当 $V_{BE}(\text{V})$ 一旦超过 0.6V , I_B 就急剧上升。由于基极电流 I_B 的流通,集电极电流 I_C 也应该流通,当 V_{BE} 大于 0.6V 左右时,如图 11 所示,集电极电流就急剧的上升。 I_C 增加到 E_C/R 值时成为饱和状态,不再向上增加。

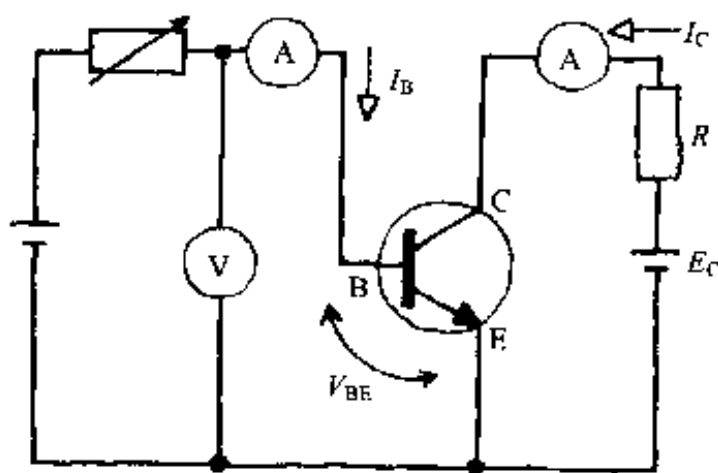


图 10 I_C-V_B 测量电路

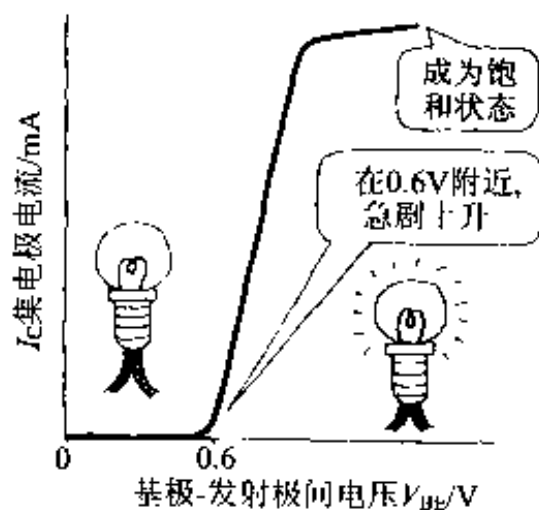


图 11 晶体管的工作电压

开关工作

为使集电极电流流通,使晶体管处于正常工作状态,基极电压必须在 $0.6 \sim 0.7\text{V}$ 左右。基极电压在 0.5V 时集电极电流就不流通。这种情况下,从集电极侧(负载)看时,由于晶体管的基极电压值在 0.6V 左右,如图 12 所示,晶体管对负载作开关动作。这样,晶体管就能够作为开关元件使用。

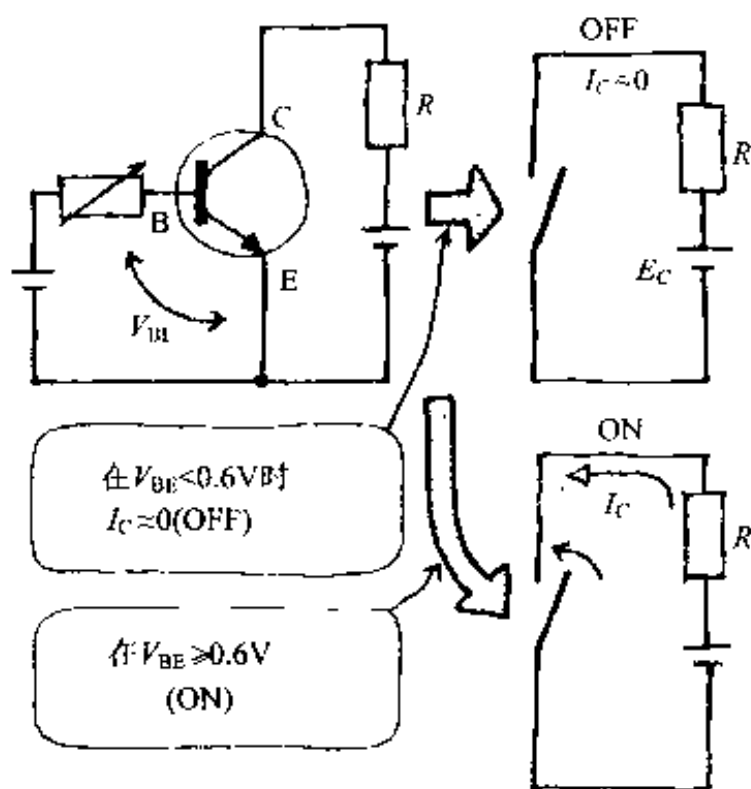


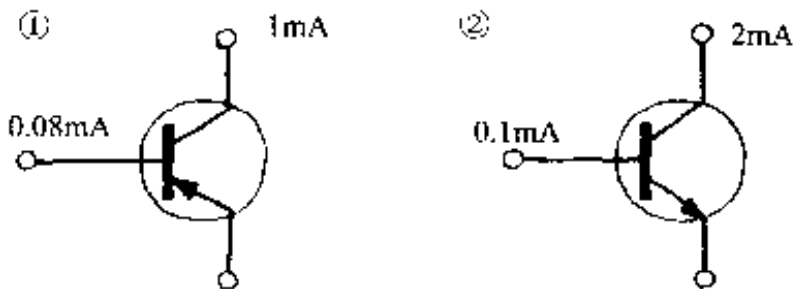
图 12 开关工作

练习题

1. 举出晶体管接地的种类。请举出其中放大作用最大的接地电路的种类。
2. 请示出在图示的电路中,发射极电流 I_E 的大小及电流的方向。

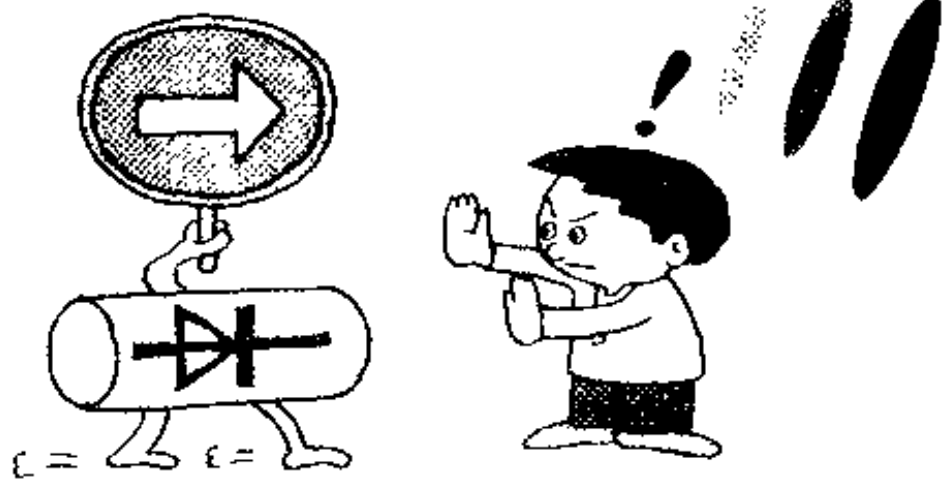
解答

1. ①发射极接地、集电极接地、基极接地 ②发射极接地。
2. ① 1.08mA ② 2.1mA 电流方向是发射极箭头的方向。



10

电源整流电路的结构



电子电路在直流电源下工作

“有电源吗?”、“电源的容量够吗?”、“电源爆炸了!”……常常出现的这些句子中的“电源”一词究竟是什么?像它的名字一样,电源是电气之源,就是说,它是电力的供给源。没有电源,电气设备和电子设备都不能工作。

电源大体分为交流电源和直流电源两类。

为了使组合了晶体管、IC 等的电子电路工作,必须有直流电源。在直流电源中最贴近我们生活的是电池。电池作为晶体管收音机、CD 播放器、玩具手表等消耗功率小、便于携带的电源非常便利,它的种类也很多,有各种各样的电池在使用着。

但是,在消耗功率大的控制机器和长时间使用的机器中电池的消耗剧增,并且,从因电池的消耗引起的电动势下降问题,为了更换电池所需费用等方面来看,电池是没有益处的。因此,一般说,有必要把家庭用电灯线的交流电源电压整流制作成直流电压。称这样将交流电压变换成直流电压的电路为整流电路。图 1 示出整流电路的结构。收录两用机等电源适配器的内部也组装了基本相同的电路。下面,让我们分析一下各自的电路。

变压电路的结构

变压电路用变压器将交流电压 $v_1(V)$ 变压成能够得到期望大小的直流电压 $V_0(V)$ 的交流电压 $v_2(V)$ 。

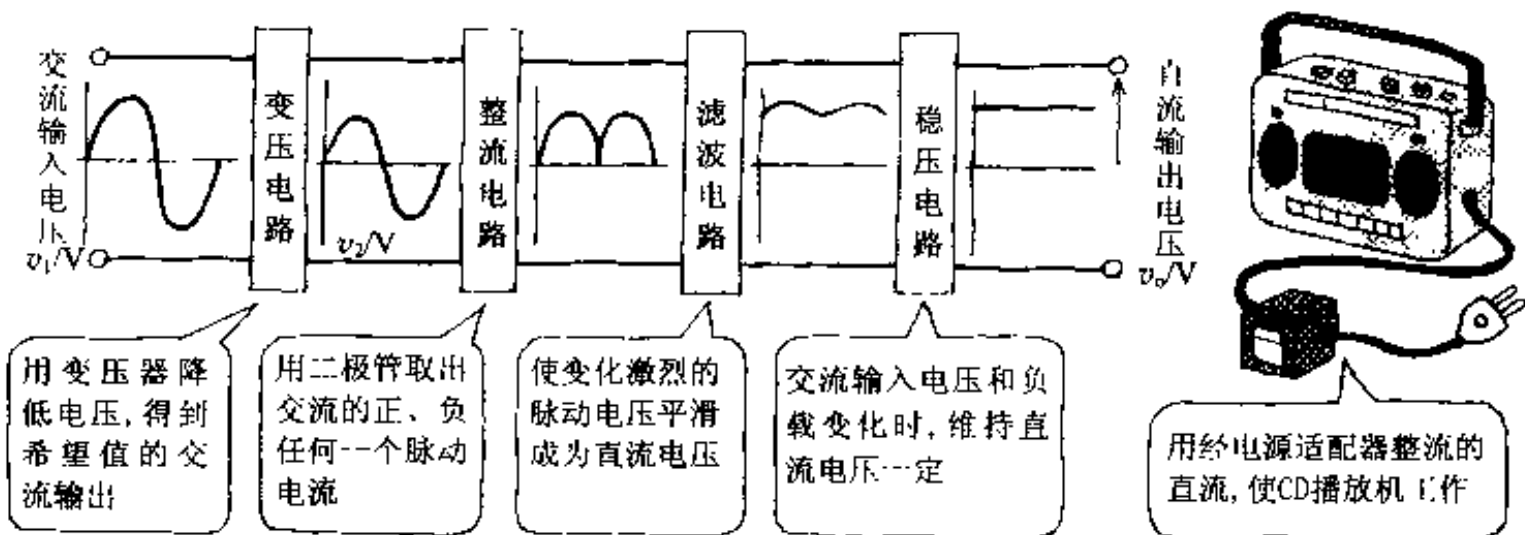


图 1 整流电路的结构

变压器的结构如图 2 所示。可见,由初级侧、次级侧线圈的圈数比能够设定电压。由于线圈的电阻使电压下降,因此,对于实际的线圈圈数比,总是将次级侧的圈数稍稍多缠绕些圈,以便即使在次级侧流过额定电流的时候,在次级侧也能够输出额定的电压,在如图 3 所示的变压器的初级侧和次级侧用示波器观察交流波形时,得到的结果则如图 4、图 5 所示。从示波器的屏面上能够观测

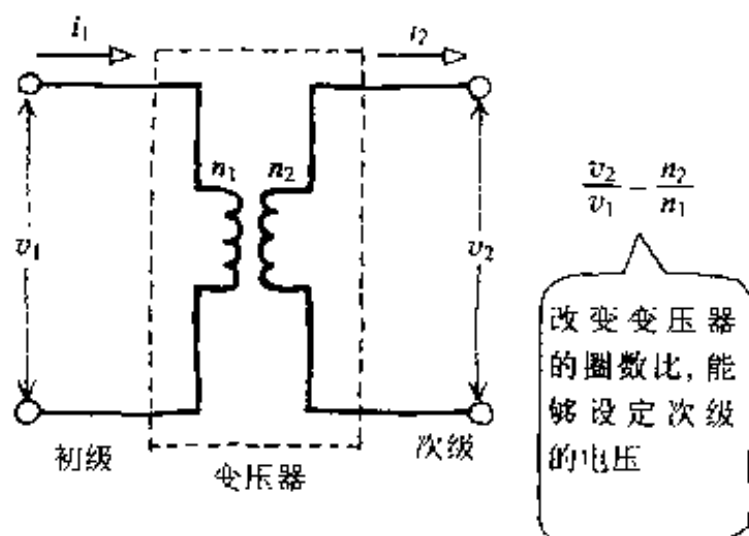


图 2 变压器的结构

到,在初级侧,交流正弦波形中的最大值是有效值(100V)的 $\sqrt{2}$ 倍。这样,由于我们称之为交流 100V 的是有效值,因此,在考虑晶体管、二极管等的电路元器件的耐压时,有必要也考虑最大值、峰-峰值(从瞬时值的正的最大值到负的最大值的振幅)。

现在,观察时间轴,1 格是 5ms,由于 1 个周期观察 4 个格,1 个周期就为 20ms。由于频率是 1 个周期的时间的倒数,所以能够确认,频率是 50Hz。

图 5 是将次级侧的输出电压设为 8V 时在示波器的屏面上的波形。与初级侧相同,最大值为次级侧电压的有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。

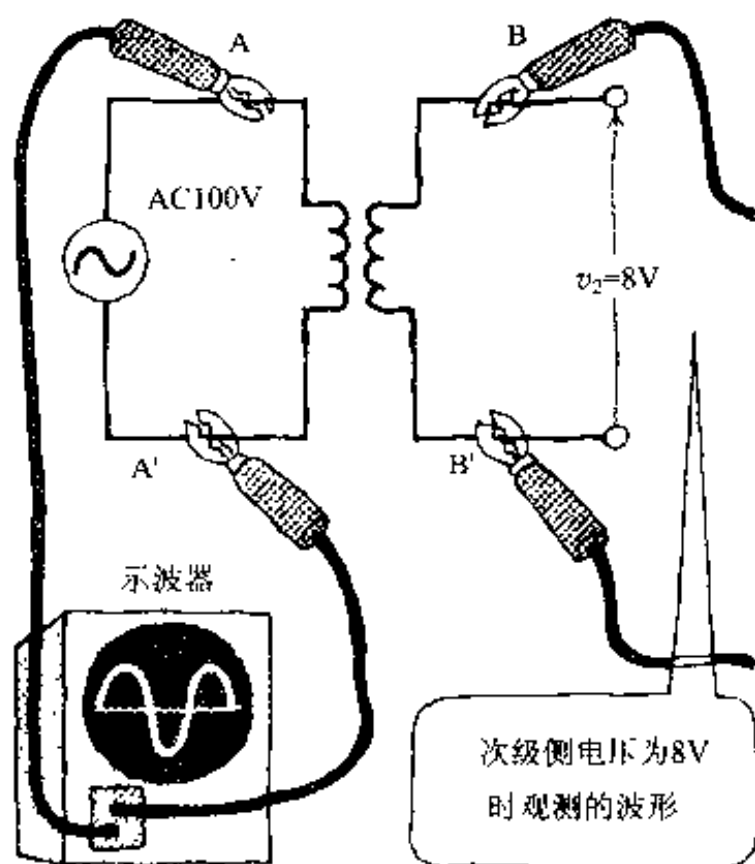


图 3 输入波形观测

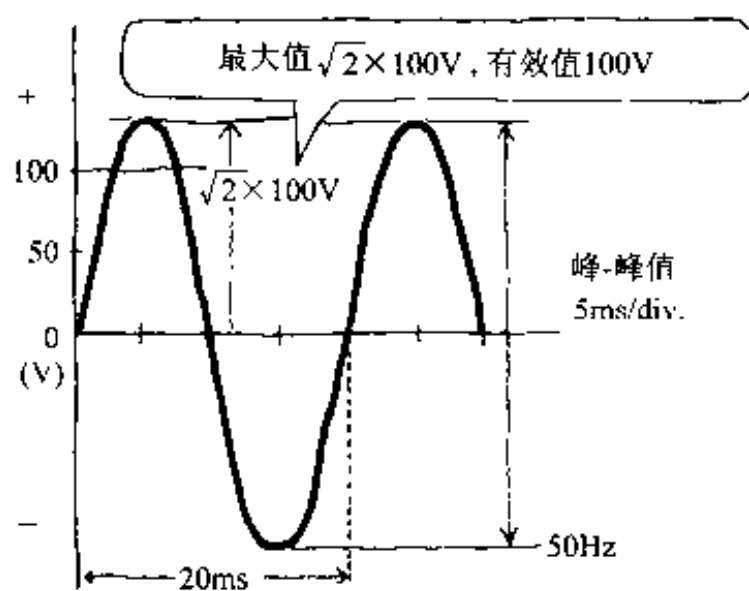


图 4 输入波形(初级)

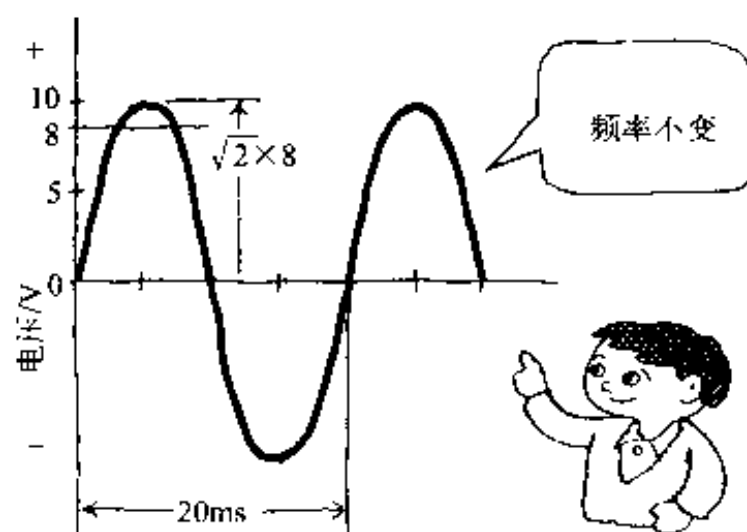


图 5 输出波形(次级侧)

需要注意的是,即使经过变压,交流的频率也不变。

整流电路的结构

从交流得到直流的电路称为整流电路。代表性的整流方式有半波整流和全波整流两种。无论哪种方式都是使用二极管所具有的如图6所示的“电流单向流通”的技术。

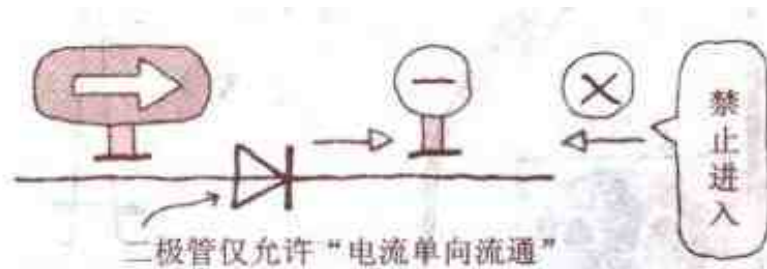


图6 二极管的特性

(1) 半波整流方式

这是一种仅取出交流的正半周或者负半周,将其变为直流的方式。如图7所示,将二极管连接后,由变压器变压的交流中仅有半个周期的正方向电流流过负载电阻。因此,由于在其后的半个周期对二极管成为反向,在负载电阻 R 上没有电流流过。这样,在示波器上就可观察到图8所示的波形。

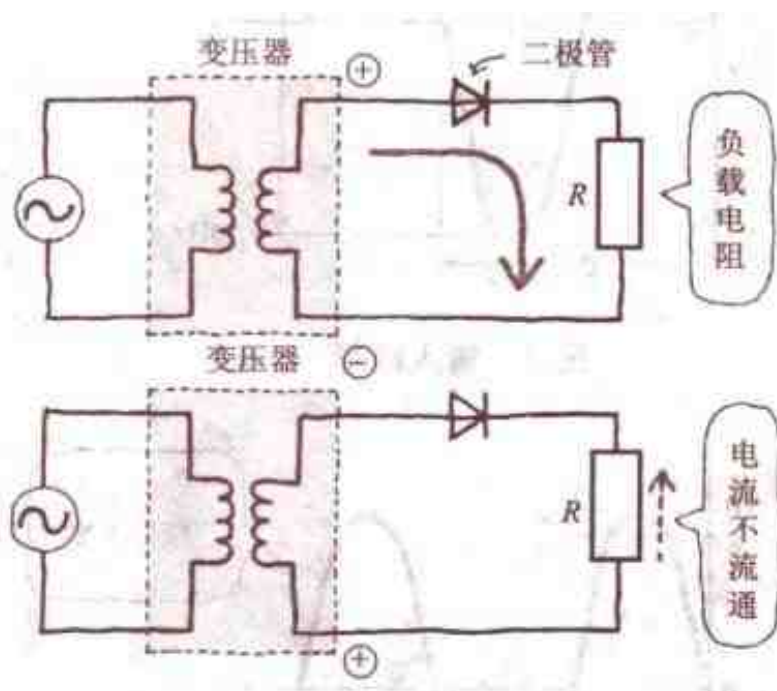


图7 半波整流电路

(2) 全波整流方式

全波整流是取出交流的正、负两个半周期,将其变成直流的方式。如图9

所示,将由次级侧上具有中间点的变压器和两个二极管组成的整流电路进行整流的方式称为全波整流。现在,当二极管的输入 v_1 是正半周时,二极管 D_1 是正方向 ON,在其后的负半周中二极管 D_2 成为 ON。对于正半周,是电压 v_1 加在负载电阻 R 上,对于负半周,是电压 v_2 加在负载电阻 R 上。如图 10 所示,将由 4 个二极管连结而成的全波整流电路称为桥式电路。在输入电压的半周期 AB 期间二极管 D_1 、 D_3 是正方向,在其后的半周期 BC 期间二极管 D_2 、 D_4 成为正方向,在交流电压的全周期内都能得到方向不变的输出电压。

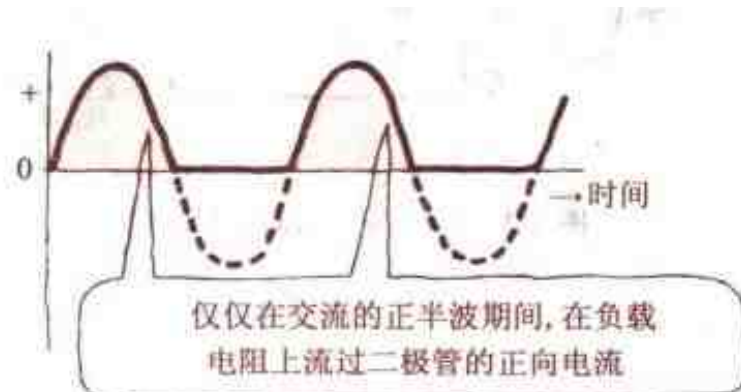


图 8 半波整流波形

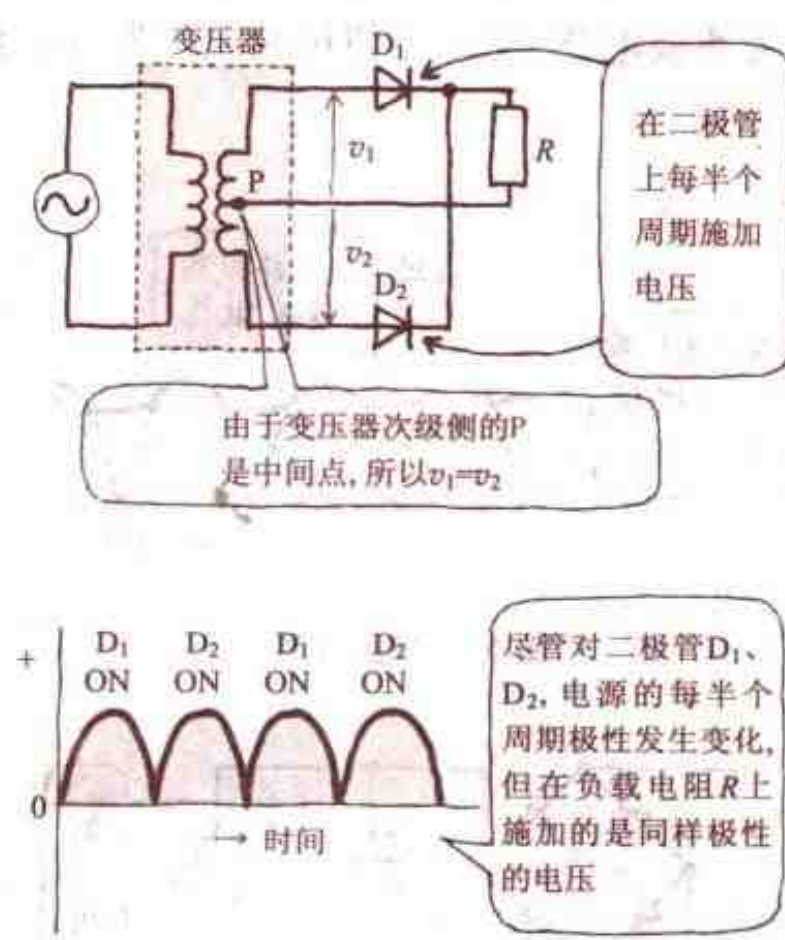


图 9 中间抽头变压器组成的全波整流电路和全波整流波形

把由 4 个二极管组成的桥作为 1 个整流元件,这种元件在市场上有商品销售。

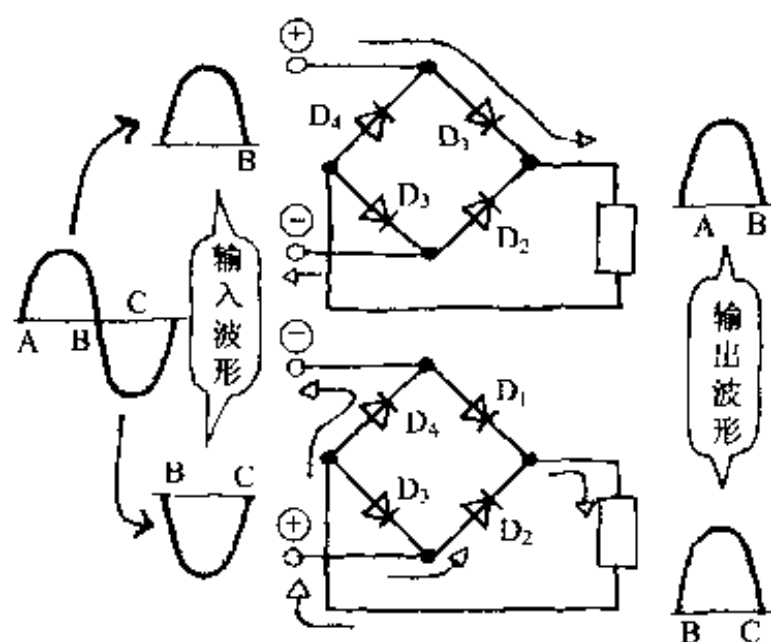


图 10 桥式电路和波形

滤波电路

如图 11 所示,整流过的输出电压虽然方向是相同的,但包含着大小不断变化的纹波(脉动)。因此,有必要将脉动的波平均作成大小近于一定的电压。用于这种目的的电路称为滤波电路,滤波时使用的电容器称为滤波电容。滤波电路的电路图如图 12 所示。

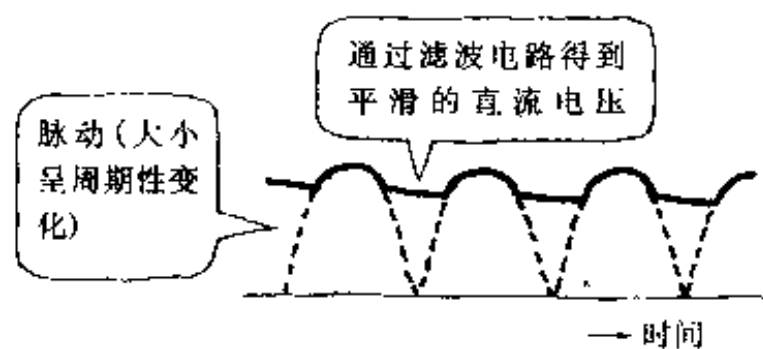


图 11 滤波波形

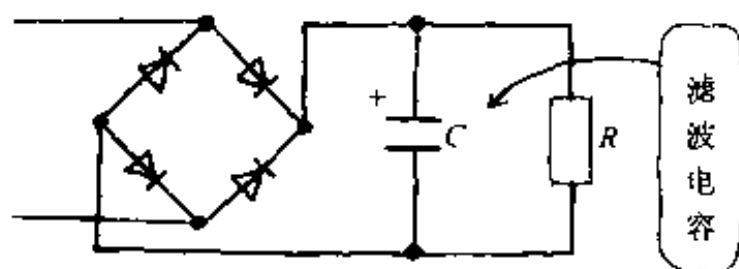


图 12 滤波电路

对于图 13 所示波形的 AB 间,输入电压使电流流过负载 R ,给电容充电。从时刻 B 起电容器通过负载开始放电。在时刻 C 电容又开始充电,因此,纹波变小。电容器的电容越大越能得到平滑的波形。



图 13 滤波的结构

稳压电路

当输入电压变化、负载电流增大时电源的纹波就变大,输出电压产生变动。稳压电路就是没有这种现象从而能使输出电压保持一定的电路,在稳压电路中一般使用如图 14 所示的被称为 3 端稳定器的专用 IC,这是一种组装了规定的 5V、12V 输出电压等的稳压电路的专用 IC。3 端稳定器的输入电压必须比输出电压高 20% 左右。

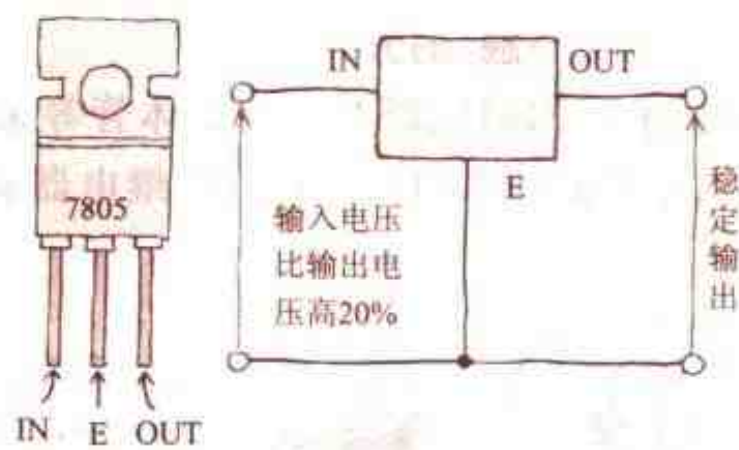


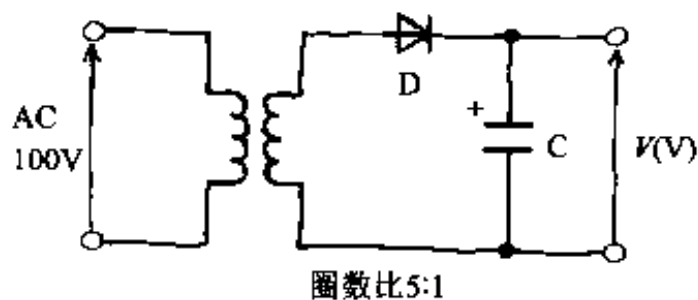
图 14 3 端稳定器和接线图

练习题

1. 对于如图所示的半波整流电路,设变压器的圈数比为 5:1,在初级侧加 AC100V 电压时,直流输出电压的最大值 V 是多少伏?

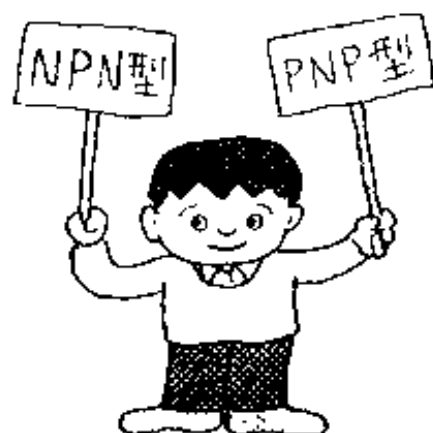
解答

$$V = \sqrt{2} \times 20 \approx 28.3(\text{V})$$



11

晶体管放大电路



自己动手试着使用晶体管

在对事物的理解上有一句有名的谚语：“百闻不如一见”，说明了亲眼实际看一看的重要性。但是，电子电路到底是怎样组成的？将底板（印制电路板）翻过来可以看到，上面组装有电阻、电容、晶体管等。要想理解晶体管，只盯住晶体管看是没用的。实际上，必须自己动手先用晶体管组装简单的电路，也就是“接触”晶体管，实行“百见不如一触”的方针。

这里，使用容易得到的 2SC1815、2SA1015 晶体管等来确认晶体管的各管脚（电极）的动作，并用它亲手制作 LED 点灯电路、继电器驱动电路等试试看。



制作晶体管电路试试看

晶体管的基本动作

图 1 是用代表性的 NPN 型晶体管 2SC1815 构成的基本电路。现在,将开关 ON,就有基极电流 I_B 流通。由此,晶体管导通、集电极电流 I_C 流通。这样,通过 LED 的点灯就能够确认晶体管的基本动作。 E_B 是使基极电流 I_B 流通的电源, E_C 是集电极电流 I_C 的电源。

虽然晶体管有很强的电流放大作用,但如果不能正确地连接电源就不可能得到放大功能。图 2 是图 1 所示电路的实体图。在图 2 中,将开关 ON 时,由 $E_B=5V$,基极电流 I_B 流通。这时,图中的 LED1 点灯,我们知道基极电流流通了。LED2 在晶体管导通期间点灯。在这期间,LED1 微微点亮,LED2 则非常亮。从该 LED1、LED2 的明亮程度,就能够观察到通过基极流通的小的电流使晶体管导通,从而有大量的电流从集电极流向发射极的样子。

将开关 OFF 时,基极电流成为 0,与此同时,集电极电流 I_C 就不流通,LED2 灭灯。这样,就可以确认由于用开关使基极电流 ON、OFF,就使晶体管 ON、OFF 的基本动作。

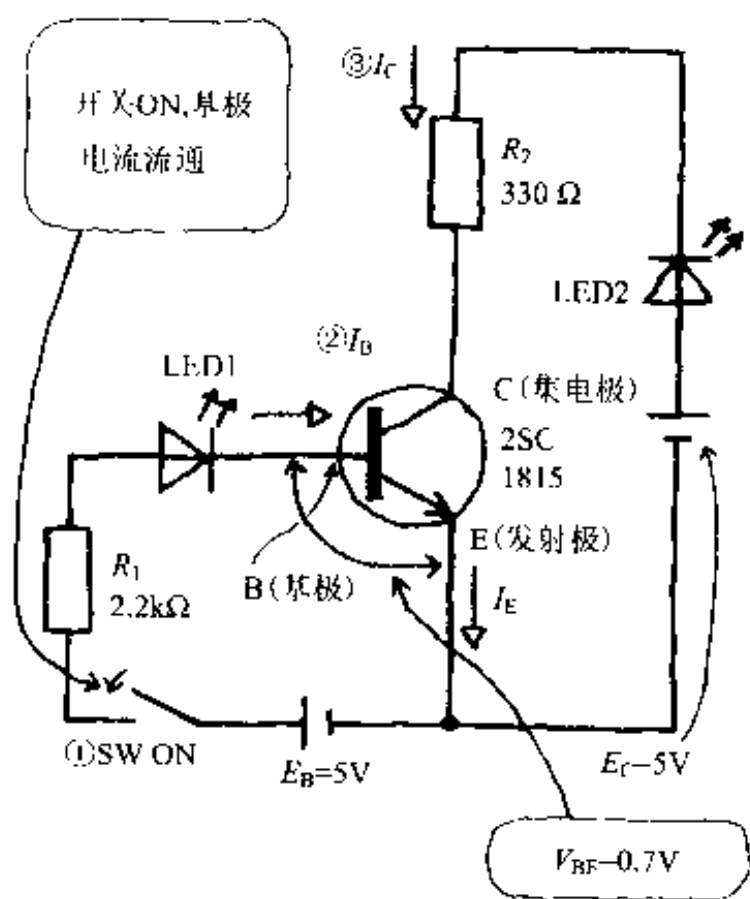


图 1 晶体管的基本动作

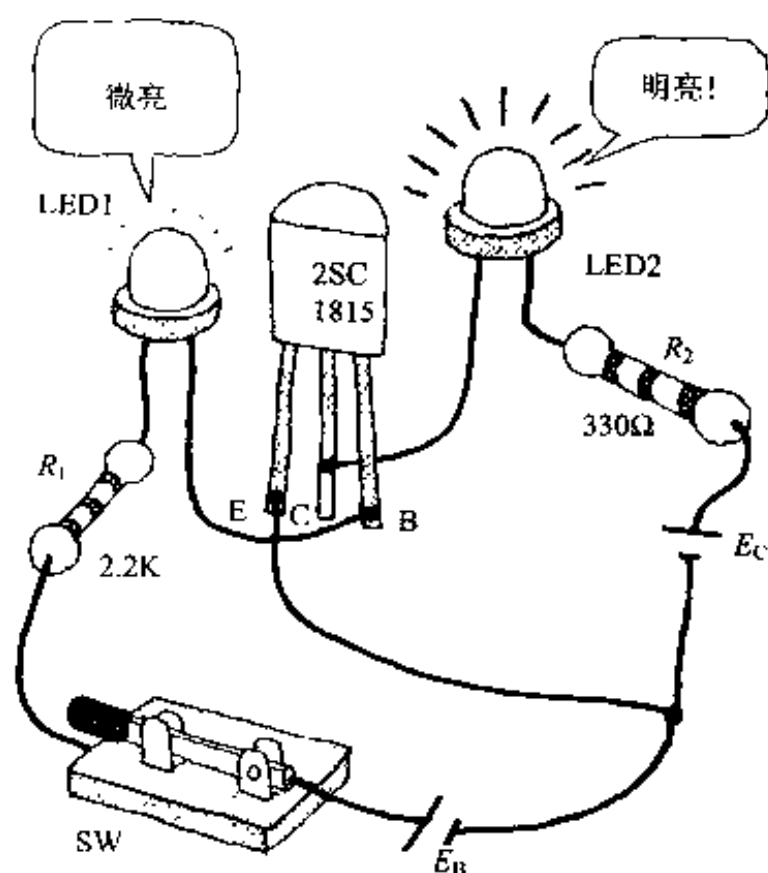


图 2 流经基极、集电极的电流

在图 2 的电路中,流过集电极电流的电阻 R_2 的大小可用下述方法求出:

● $R_2(\Omega)$ 的求法

由图 3,设流经 LED 的电流为 $10mA=0.01A$,求 $R_2(\Omega)$?

第1章 电子电路的基础知识

对于图3, 电路中电阻的大小基本上能够用欧姆定律求出:

$$R_2 = (\text{电源电压 } E_C - \text{LED 的额定电压}) / \text{流过 LED 的电流} \\ = (5 - 2) / 0.01 = 300(\Omega) \rightarrow 330(\Omega)$$

NPN 型和 PNP 型晶体管电路

考虑用照片1所示的 NPN 型 2SC1815 和 PNP 型 2SA1015 的 LED 点灯电路, 从中可以确认 NPN 管和 PNP 管的使用方法不同。

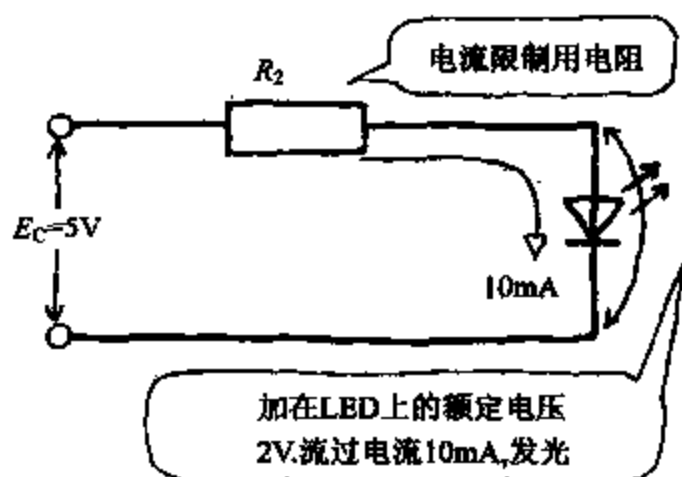
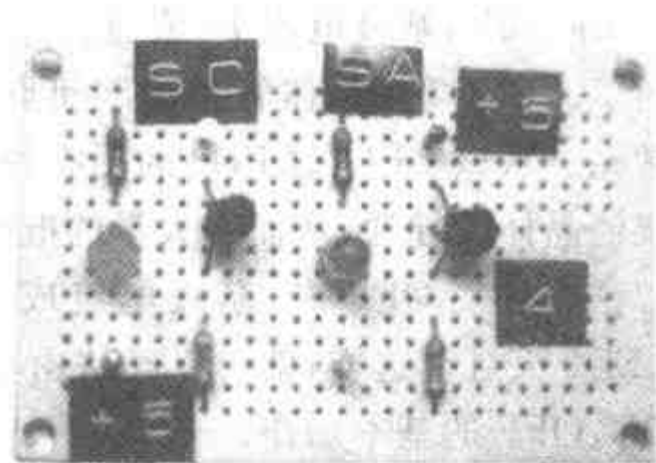


图3 R_2 的求法



照片1 NPN 型、PNP 型晶体管电路

由图4、图5可以确认, 无论是 NPN 型、PNP 型哪一种晶体管电路, 都是由基极电流的 ON、OFF 使晶体管工作, 在集电极上流通电流, 从而使 LED 点灭的。在 NPN 型和 PNP 型中, 加在晶体管上的电压的方向相反, 因此, 电流的方向也相反。在组成电路时, 这一点必须注意。

无论哪一种类型的晶体管, 在图形符号上注的箭头方向必须与集电极电流的方向, 基极电流的方向一致。

● $R_3(\Omega)$ 的求法

现在, 设 2SA1015 的电流放大系数 h_{FE} 为 100, LED 的电流为 10mA (0.01A), 试求 R_3 的值。

由 $h_{FE} = I_C / I_B$ 得 $I_B = I_C / h_{FE}$, 则

$$I_B = 0.01 / 100 = 0.0001(\text{A})$$

$R_3 = (\text{电源电压} - \text{晶体管工作电压}) / \text{基极电流}$

$$= (5 - 0.7) / 0.0001 = 43(\text{k}\Omega)$$

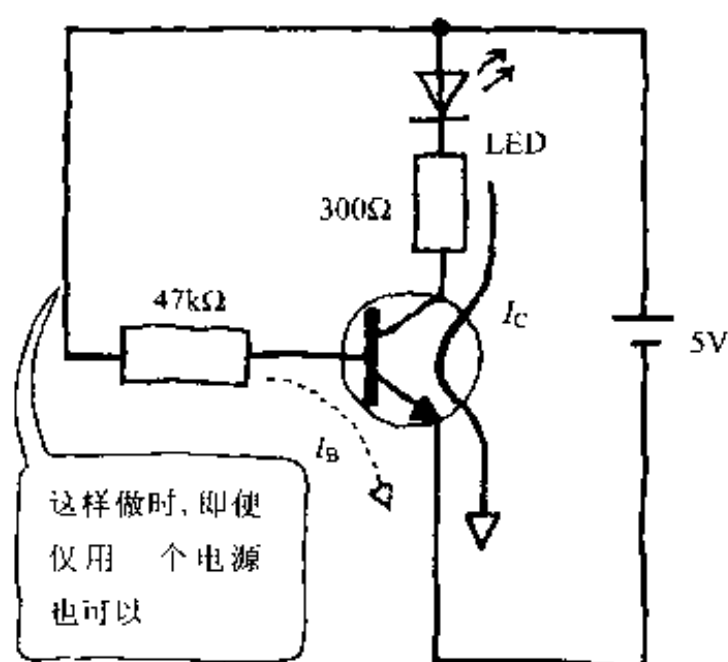


图4 由 2SC1815 组成的 LED 点亮电路

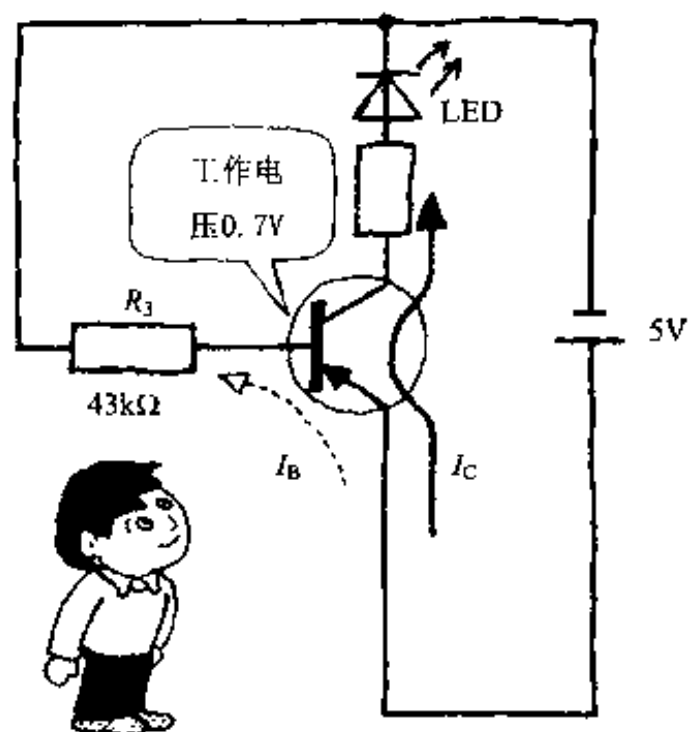


图5 由 2SA1015 组成的 LED 点亮电路

继电器的驱动

继电器的基本结构如图 6 所示,在铁心上缠绕线圈,当电流流过线圈时就产生磁力吸引铁片。而且,利用由电磁铁使与铁片连动的接点的开闭的原理。就是说,这是用小的电流能够控制大的电流的结构。图 7 示出了继电器的内部电路。

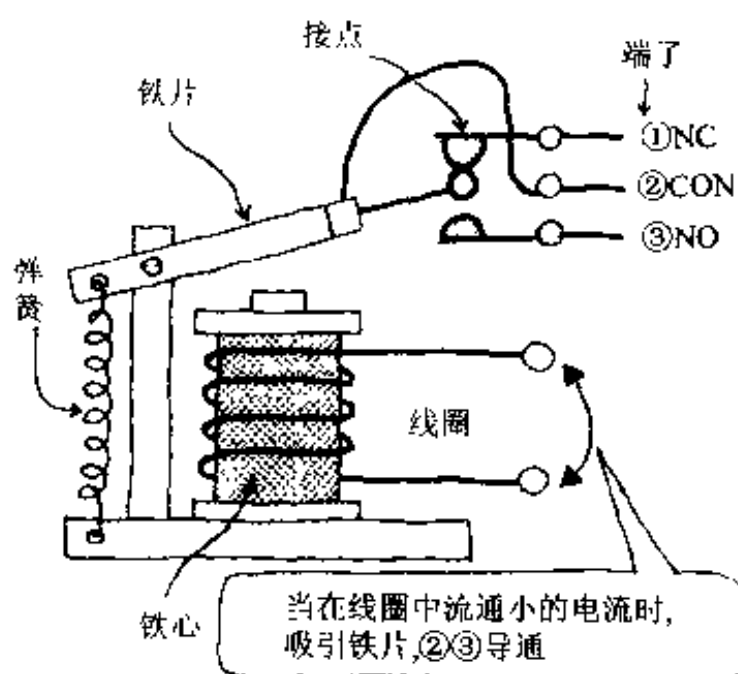


图6 继电器的原理图

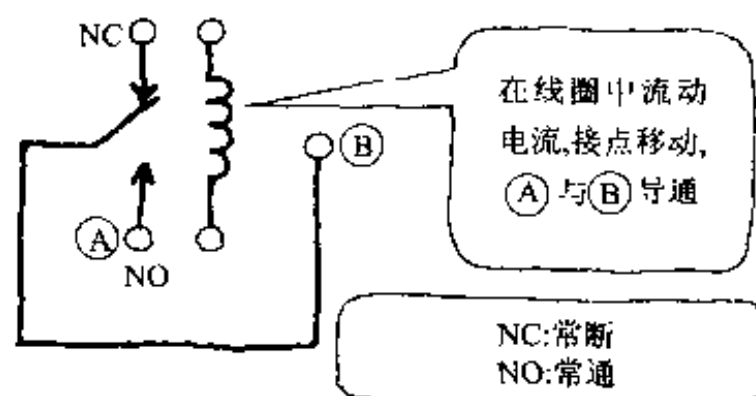


图7 继电器的内部电路

图 8 是将继电器电路连接在晶体管电路上使马达、100V¹⁾用的灯泡 ON、

1) 日本民用电为 100V。下同。 译者注

OFF 的电路例。该动作的顺序是：基极电流 I_B ⑤→⑥ ON→继电器 ON→接点 ②→③ 连接……④ 马达或者灯泡动作。

晶体管的导通和继电器的驱动

● $R_4(\Omega)$ 的求法

在图 9 所示继电器驱动电路中

$$R_4 = (\text{电源电压} - \text{晶体管工作电压}) / \text{基极电流} \\ = (1.5 - 0.7) / 0.001 = 800 \rightarrow 750(\Omega)$$

在图 9 中，虽然晶体管的工作电源用的是干电池，但是，如果能够制作分压电路将继电器驱动用电源 5V 分压得到 1.5V，就可以不用其他电源。图 10 示出了这种电路。

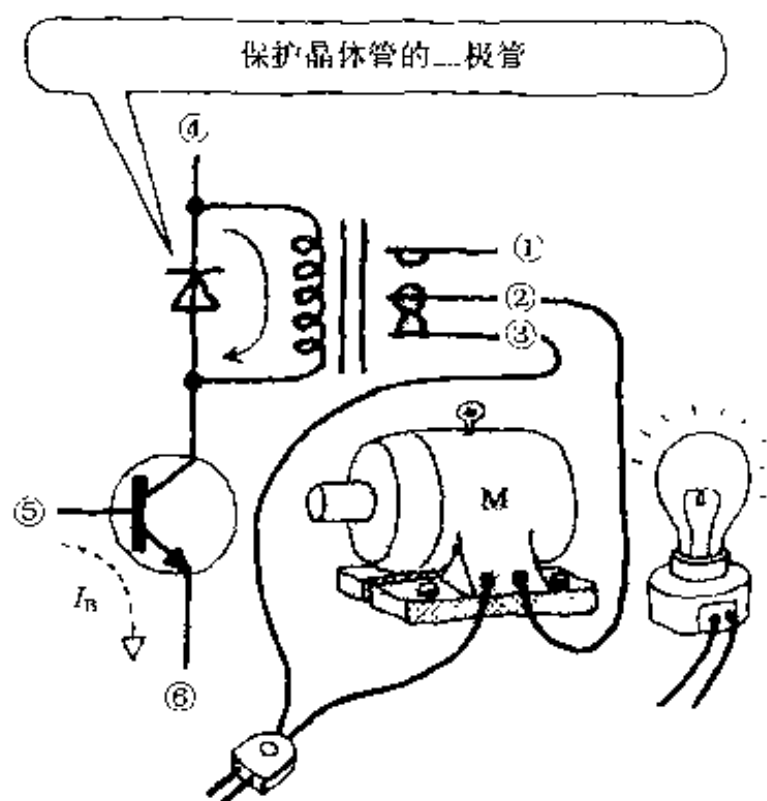


图 8 继电器驱动电路

现在，设 $R_6 = 750\Omega$ ，求将 5V 分压成 3.5V 和 1.5V 的电阻 R_5 。

$$R_5 : R_6 = 3.5 : 1.5 (R_6 = 750\Omega)$$

$$R_5 = 750 \times 3.5 / 1.5 = 1750 \rightarrow 2(k\Omega)$$

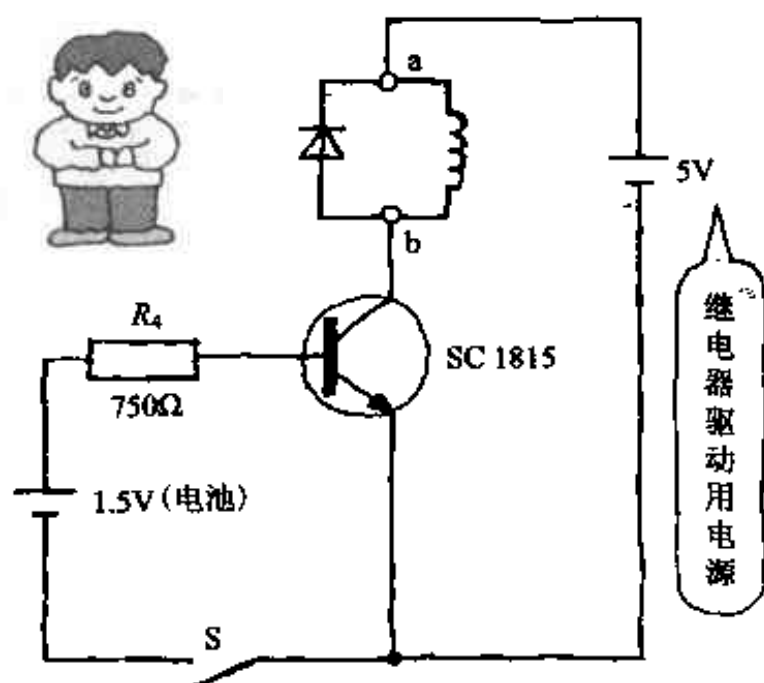


图 9 用于电池驱动继电器

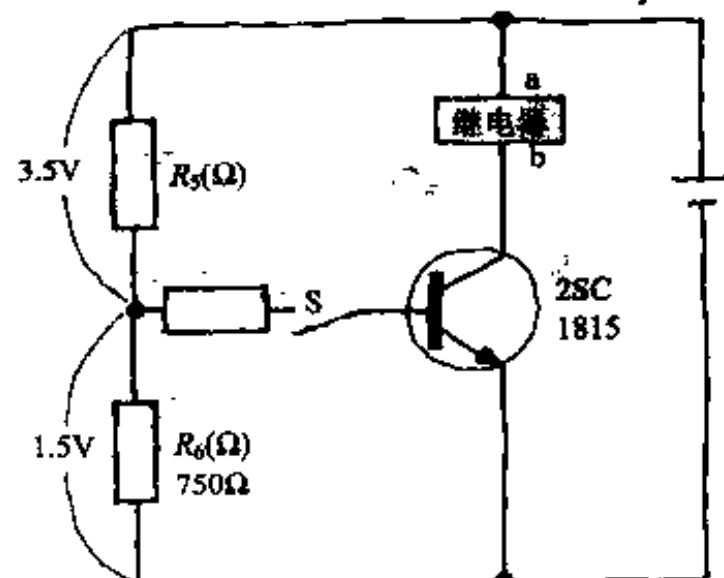
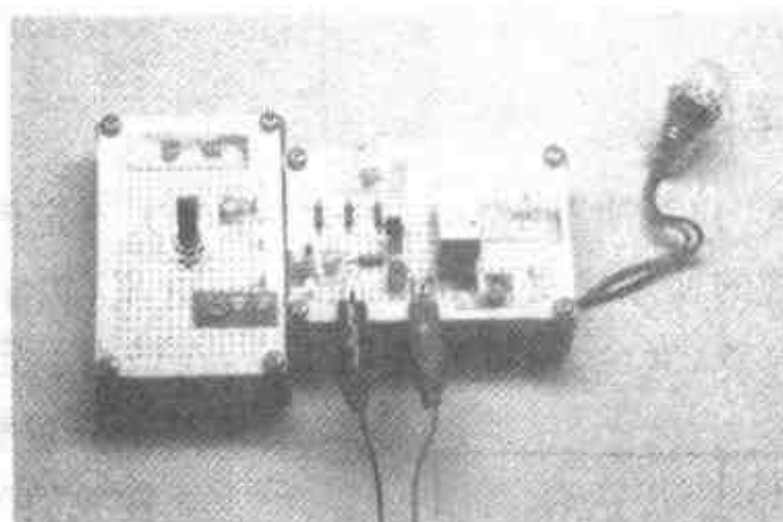


图 10 用单一电池的继电器驱动电路

照片 2 是用继电器的点灯电路。



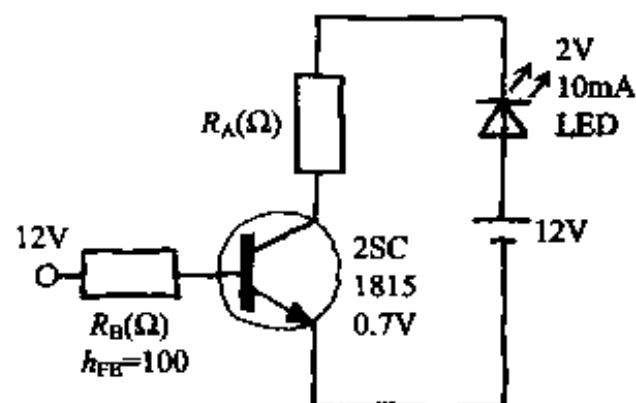
照片 2 用继电器使电灯点灯

练习题

1. 在图示的电路中, 求出电阻 R_A 、 R_B 的大小。
2. 将继电器连接到电路上时, 将二极管反向连接的理由是什么?

解答

1. $R_A = 1\text{k}\Omega$, $R_B = 113\text{k}\Omega$
2. 为了吸收当流经线圈上的电流 OFF 时产生的反向电动势, 从而保护晶体管。



12

晶体管应用电路

——学习使用 传感器



什么是最大额定值

在被称为晶体管“户籍簿”的规格表中,关于最大额定值是这样描述的:“最大额定值是在晶体管的使用中必须遵守的电压、电流、功率损耗等的最大容许值。为了使晶体管有效、安全、高可靠性地工作,在最大额定值以下的条件下使用是十分重要的”。

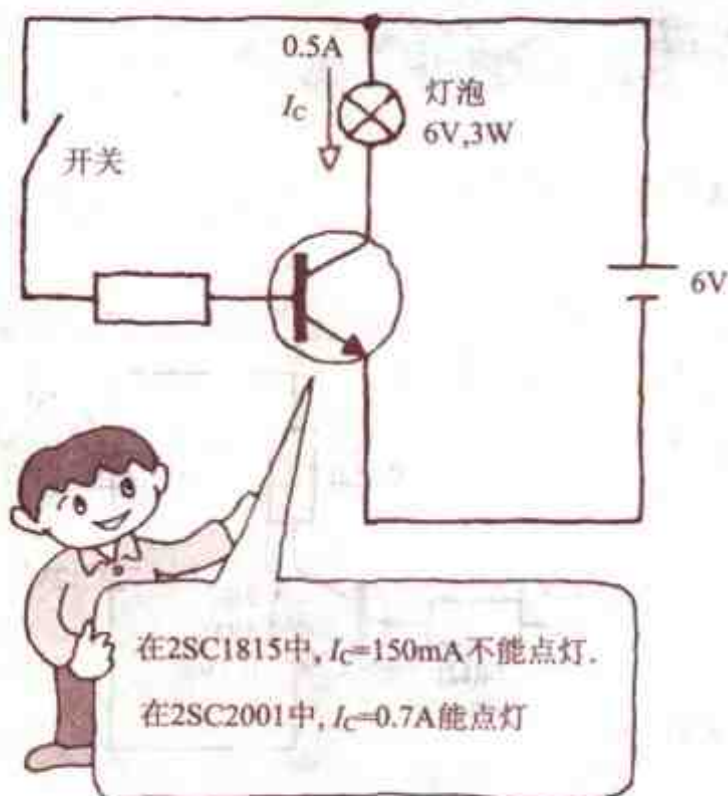


图1 在灯泡中流通的 I_C 的大小

在我们的生活中,与最大额定值一样,也有许多使用上需要适当条件的情况。汽车的乘车人员定额就是一个例子。如果是5人就用小型车,如果是30人左右,就要准备大轿车。

作为从晶体管的规格表中调查最大额定值的一个例子,我们来调查一下 2SC1815 和 2SC2001 的最大集电极电流 I_C 。

这种情况下,我们来考虑图1所示的用晶体管点亮电灯的电路中,晶体管的实际使用方法。

由规格表分析 I_C , 结果是

$$2SC1815 \quad I_C = 0.15A = 150mA$$

$$2SC2001 \quad I_C = 0.7A = 700mA$$

灯泡的点灯电路

现在, 准备 6V, 3W 的灯泡, 当求流经灯泡的电流时, 得到 $I = 3/6 = 0.5$ (A), 我们就明白为了使灯泡点亮必须有 500mA 的电流。

由于 2SC1815 的最大额定值是 150mA, 用它不能点灯。但是, 如果使用 2SC2001 就能够点灯。

这样, 有必要考虑负载(在该例中, 就是灯泡 0.5A)的电流容量, 以它为基础从规格表中选取适当的晶体管。由于 2SC2001 的集电极电流是 0.7A, 如果用 0.5A 左右的马达、螺线管代替灯泡连接时, 也能够驱动它们。

在晶体管中, 也有能够流通几十安大电流容量的晶体管。

达林顿连接电路

如图 2 所示那样将两个晶体管连接的电路称为达林顿连接电路。它是将在晶体管 TR1 中放大的电流流入晶体管 TR2 的基极, 由 TR2 进一步放大, 流出大的集电极电流 I_C 的方法。达林顿连接电路的电流放大系数是被连接的晶体管的各自的放大系数之积。

现在, 设 TR1 的 $h_{FE1} = 100$, TR2 的 $h_{FE2} = 200$, 图 2 所示达林顿连接电路的电流放大系数为 $h_{FE} = 100 \times 200 = 20000$ 。

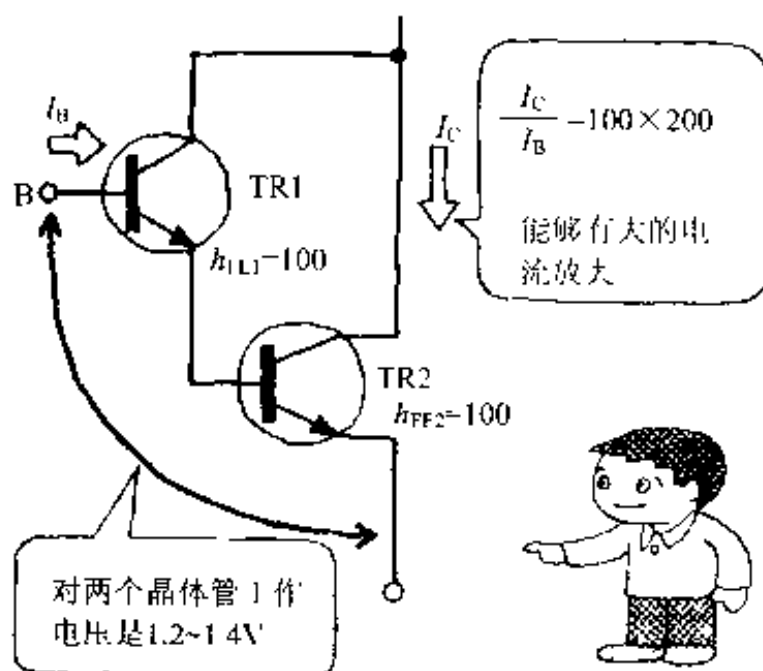
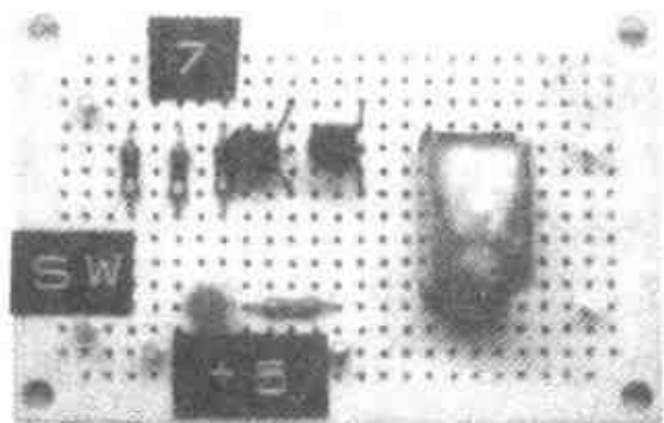


图 2 达林顿连接电路

第 1 章 电子电路的基础知识

现在,在图 1 中不能点灯的灯泡,在由图 2 的 2 个晶体管组成的达林顿电路中就能够很好地点灯。

由于达林顿连接电路能够得到大的电流放大系数,在需要大电流驱动的情况下是十分有效的。照片 1 是由达林顿电路驱动继电器的一个例子。



照片 1 由达林顿电路驱动继电器的例子

应用电路 1

在图 3 所示的连接了电容器的达林顿连接的灯泡点灯电路中,当按钮开关 ON 时,会怎么样呢?

在 ON 的瞬间电解电容器被充电,同时灯泡点灯。然后,将开关放开,如图 4 所示,从电容器向基极施加电压,直到蓄积在电容器上的电荷到一定程度而放电的这段时间内,灯泡继续点灯。改变电解电容器的电容量,能够调整切断按钮开关后灯泡的点灯时间。

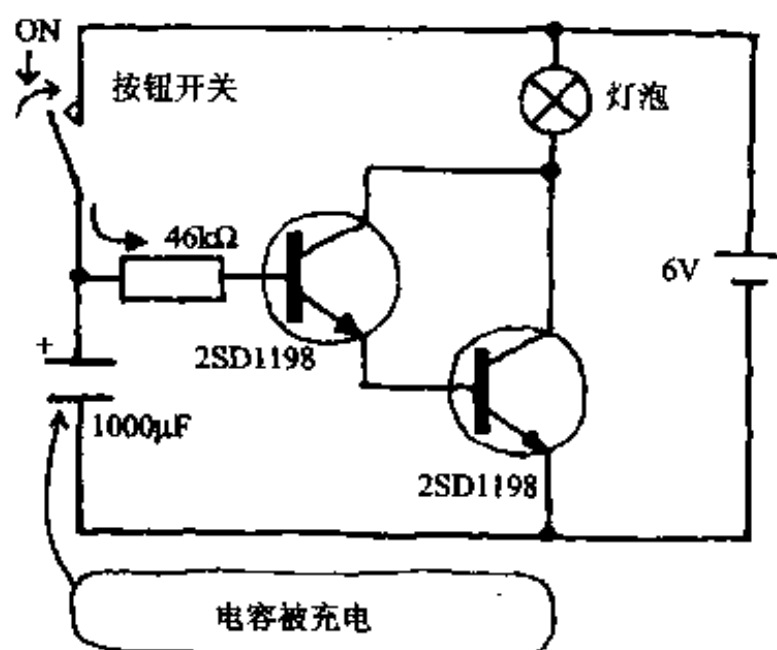


图 3 向电容器充电

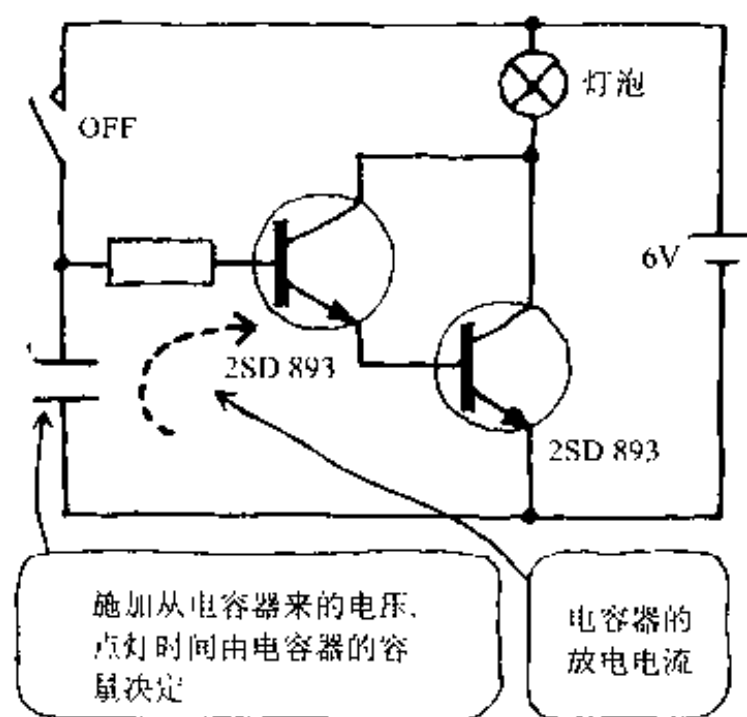


图4 从电容器的放电

应用电路 2

传感器是检测光、声音、温度等的器件。如果由这些传感器的输入信号能够使晶体管 ON、OFF, 晶体管的应用就能够极大的扩展。这里, 作为传感器, 考虑图 5 所示的使用硫化镉光导电池的电路。

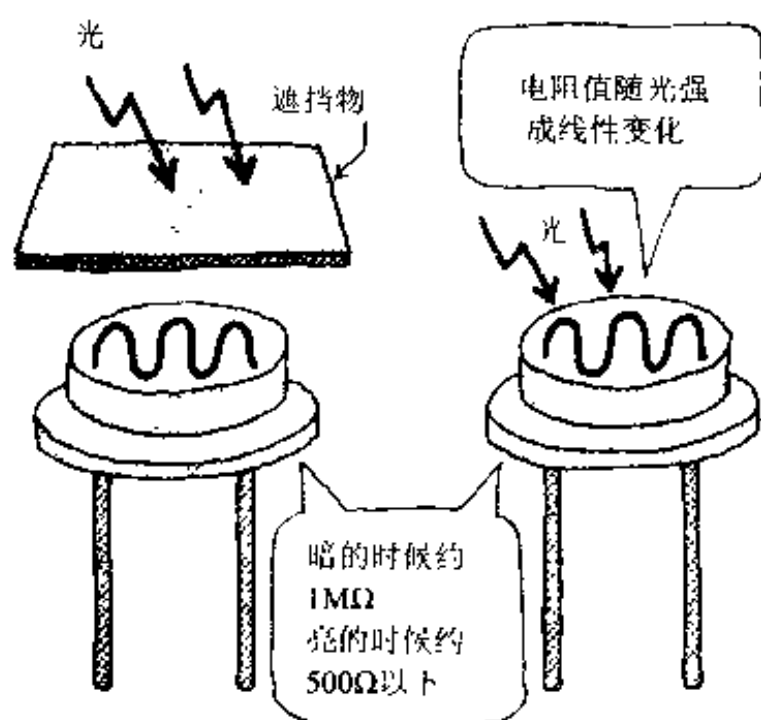


图5 CdS 的电阻变化

图 5 所示电路的结构是, 将因亮度改变电阻值的 CdS 光导电池与图 6 所示的可变电阻 (VR) 组合起来, 控制施加在晶体管上的电压。

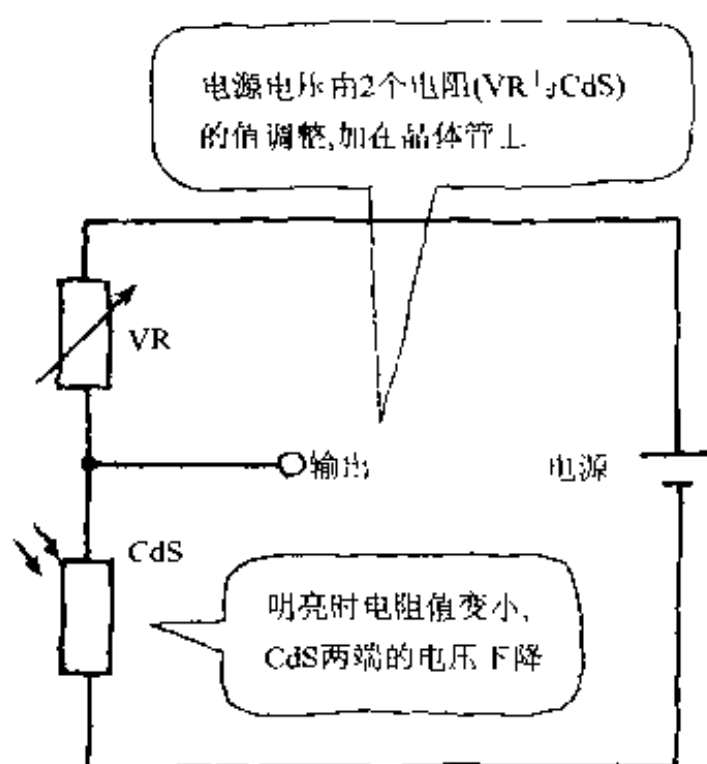


图 6 由 CdS 和可变电阻组成的检测电路

控制晶体管 ON、OFF 的电路

在图 7 所示电路中,当光照射到 CdS 上时,电阻就变小,加在基极上的电压就变小。当把光遮挡住的时候, CdS 的电阻就变大,加在基极上的电压变大,晶体管 ON, LED 点灯。

在图 8 的电路中,当光照射时 CdS 的电阻值变小,加在基极上的电压变大,晶体管导通,集电极电流流通, LED 点灯。当把光遮挡住时, CdS 的电阻值就变大,加在基极上的电压就变小,晶体管就不导通, LED 熄灭。

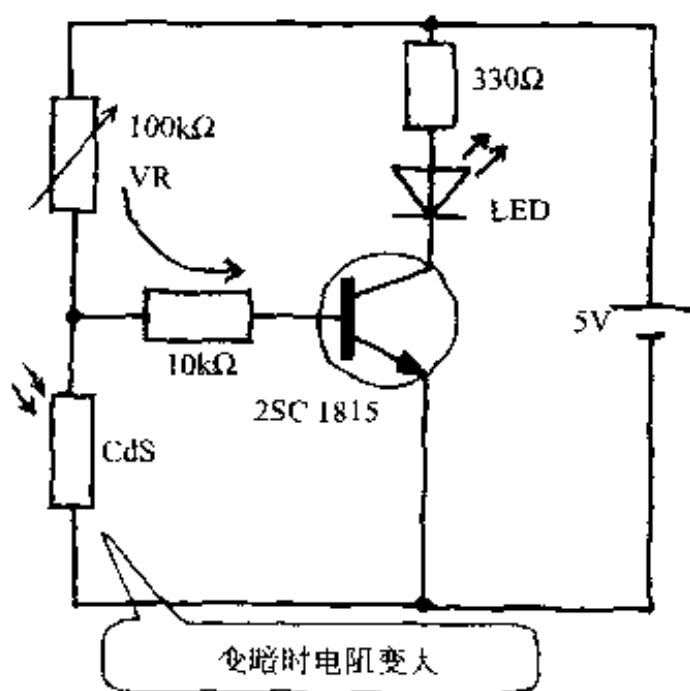


图 7 当变暗时晶体管就 ON 的电路

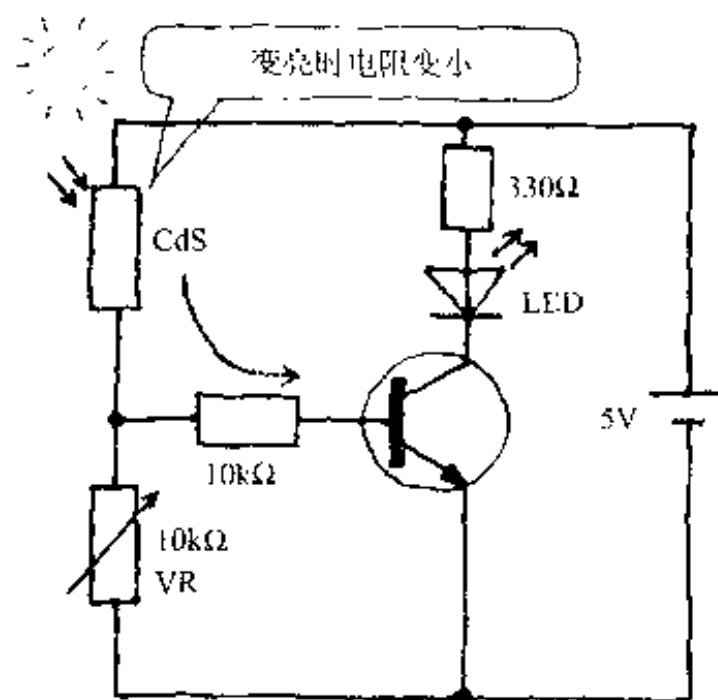
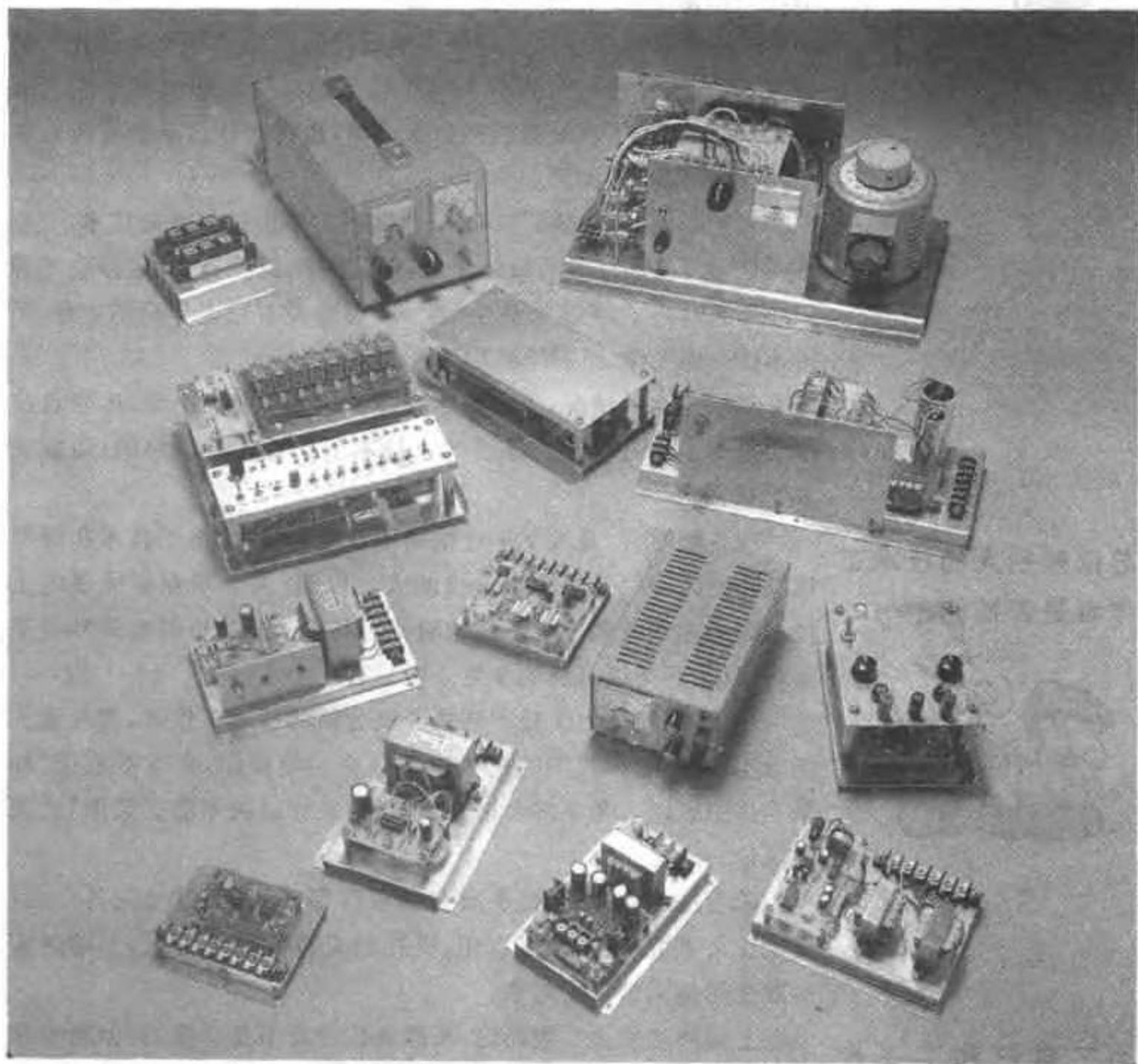


图 8 当变亮时晶体管就 ON 的电路



第 2 章

电力电子技术入门



电子技术和电气技术工作者



最近,一说到电子技术,就炫耀个人用计算机、微型计算机,有一种忽视了电子的基本本质的倾向。无论对个人还是对企业,说的更大一些,对我国(日本)产业技术的未来,这都是重大的损失,是一种令人担忧的现象。

人们常爱说:买台个人用计算机,一敲击键盘,就什么事情都能干,“买来硬件系统就可以”,“选择适当的软件买来就可以”。

如果到书店去,虽然关于个人用计算机和微型计算机的专业书籍堆积如山,但是,如果不首先购买相应的高价系统,那些专业书籍的内容就毫无意义。即使买来高价的系统又每天爱不释手的研究专业书籍的内容,到头来仍然是无论如何也理解不了它的真髓。只是具有了“在我身边准备着机器,也许对什么事情可能有些用处”这种安心感而已。

光阴似箭,当觉醒的时候,自己却没有掌握任何基础技术,人也不再是学习基础技术的最佳年龄,闲暇时间也没有了,金钱也不像以前那样富裕了,为了家庭生活,子女教育及自己老年后的生计,不得不拼命地工作,而不能顾及其他。

如果是这种情况,当走近生命的终点时,回顾往事,再想自己当初是为了什么目的选择了电气技术工作者这条道路的,也就失去了意义。

现在的时代,是大学毕业生满不在乎地参加“电工技术初级考试”的时代。而且,还有不及格的人。以前,大学毕业是挑战电工技术高级考试或者中级考试的时代。高等工业学校的电气专业毕业时,只达到初级合格的学生一般只有几个人。

现在,即使是电工技术初级考试合格的技术工作者,实际业务能力也不一定行,现场的机械也不敢交给他操作,常常听到说“如果不是中级以上考试的合格者,现场的工作就决不敢交给他”之类的议论。

随着技术的发展,似乎所有的东西都已完成,过分完备,一旦发生什么事情,买来就可以用,委托别人替我做也可以,上述的实例就变得越来越多了起来。

上面的意见是一般而论,虽然各位读者不是这样的,但至少存在这样的世风、潮流,这是事实,所以有必要用我们的力量把这种情况修正到正确的方向。

为了我们自己,也为了下一代的后辈们,掌握电子技术有必要从基础一步一步地积累,从制作物理实物的操作技术中研修基础知识,认识如果不能掌握基本技术就难成大器的道理,明确学习方

总依赖别人的技术工作者是苦恼的……



为了自己和下一代……

向不断前进。

随时将工具、部件放在手边……



但是,现实的情况是,无论是从事基础电气技术的技术工作者还是初出茅庐的技术工作者,一旦想自己动手制作这里介绍的简单电路时,往往是不管是在自己的家里,或者在自己的工作场所里,工具也没有,材料部件也没有,而且,在一些小城市或偏僻的地方,想得到一些部件也不容易。事实上,对于一些自称为电气技术工作者的人,在自己家里,或在工作场所中,连一块焊锡也找不到的并不罕见。

下面给出必须具备的最低限度的工具,包括:

- (1) 电烙铁,焊料(50/50,或者 60/40;锡 60%,铅 40%)。
- (2) 镊子,螺丝刀,钳子,小刀,锉刀,虎钳。
- (3) 钻孔器(手摇钻或者小型的电钻,桌上镗床等),钻孔器的刀尖 0.6,1,1.6,2.1,3.2,3.6,4.2 等。
- (4) 万用表(模拟式一台,可能时希望有一台数字式的)。
- (5) 同步器(10 万日元以下的便宜的产品当前已足够)。
- (6) 印刷电路板制作材料(在材料店上市的产品已足够)。
- (7) 与钣金加工有关的工具。

等等。虽然不仅仅限于上述这些,但是,如果想学习电子技术,掌握这种技术,整備周围的环境是十分重要的。

寄予年轻的技术工作者希望……

根据上述宗旨,这里准备了几类以工作为主体的研究电路的例子。虽然,直到现在还有不少人认为其中有的电路是很幼稚,但实际上,即使这种程度的电路,一旦想制作,也是很费劲的。

日本现在是世界上数一数二的经济大国,是掌握高技术产业尖端技术的先进国家,这一点是无论谁都相信的事情。

而且,肩负重任的正是年轻的技术工作者们。本书正是满怀对年轻人的期望精心策划的。

● 寄予期望成套配件的各位读者

(1) 部件的收集也包括在工作技术范畴内,并不提倡买到全部的配套元件。最重要的是必须考虑如何很好地使用手边所具有的部件、材料,只有无论如何也难于入手,又不具备制作能力的部件才考虑购入。

(2) 电子装置的机壳设计十分重要,我们所需处理的机壳仅仅是如照片所示的简单的底壳,真正的机壳是骨干部件,不包括在材料中。说到底,请以你自主的判断、自力地解决。

(3) 就印刷电路板来说,本书中涉及的印刷电路板全部准备了。虽然,我们的方针是连印刷电路板也要用自己的力量制作,但是,在技术达不到时也是没有办法的事情,即使购入,也希望各位将其作为自己制作的样本购入。

(4) 在电子技术工作中,半导体类的器件必须准备所用量的 1.5~2 倍程度,这是十分宝贵的经验之谈。这是因为在调试、试运转的过程中因失败烧坏器件的例子很多。由于半导体器件价格便宜,请不要吝惜,不要怕失败,要有经过多次反复试验直到最后成功为止的思想准备,这是最重要的事情。

1

实验装置用 $\pm 4 \sim 18V$ 稳压电源的制作

众所周知,进行OP放大器IC(运算放大器)电路实验时需要 $\pm 15V$ 的电源,这时,应采用具有确实可靠性的、操作简单的方法。

电路及其要点

图1是电路图,该电路图的原形取自《OP放大器IC实验与工作入门》(OHM社)一书,这里对其进行了适当的改良。由图可知,这是将约9V(8~10V左右)电压倍压整流得到的15V的电源。这种变压器自己动手制作很容易,得到它也简单。

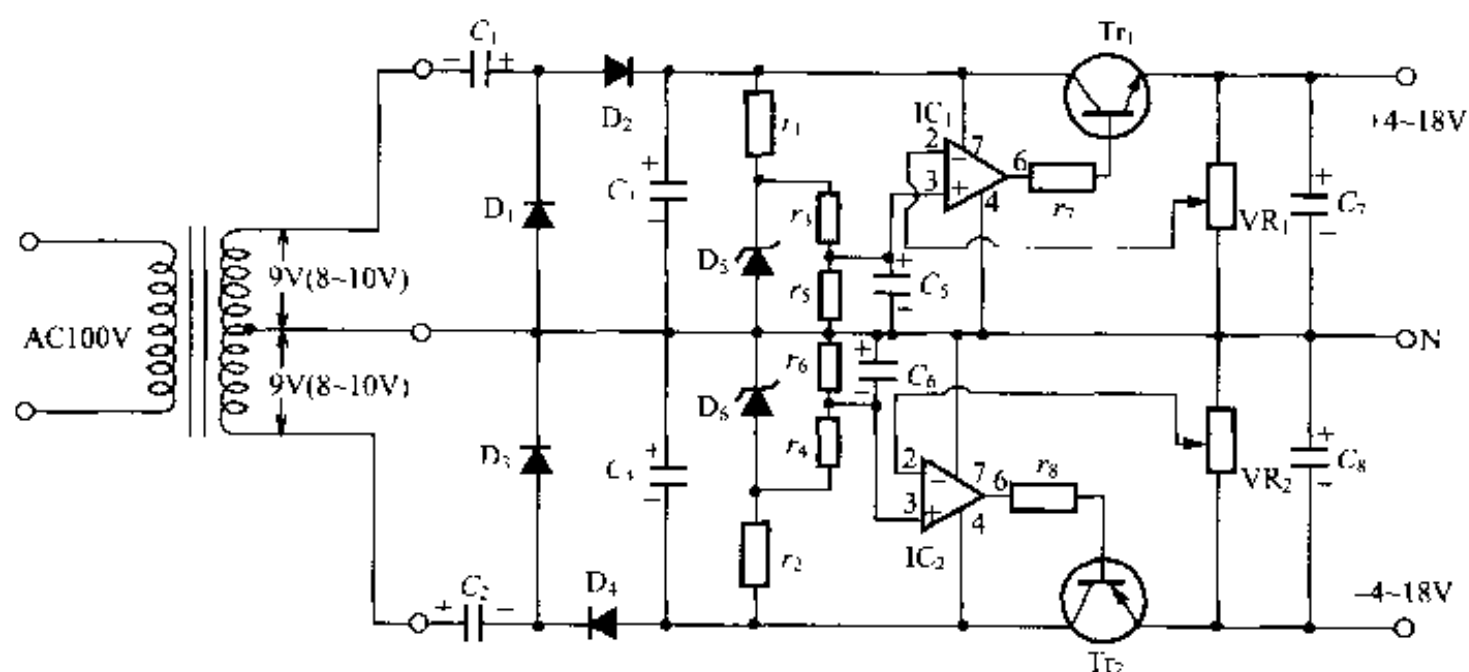


图1 稳压电源电路图

输出电流的容量是由变压器和晶体管决定的,以OP放大器用为目的时,有200~300mA就足够了,不要过分的要求大电流,最重要的是要准备好能够

随时轻而易举的制作出使用 OP 放大器的传感电路用的电源。

部 件

变压器 T	100V/9V $\times 2$, 0.3A 左右(8~10V 也可以)
C_1, C_2, C_3, C_4	500~1000 μF (250 μF 也可以)
C_5, C_6	100 μF /16V
C_7, C_8	100~250 μF /25V 也可以省略
D_1, D_2, D_3, D_4	1A/100V 程度的硅整流器 任何厂家的产品都可以
D_5, D_6	5~6V 程度的稳压二极管(RD-5A 等)任何厂家的相当制品都可以
r_1, r_2	700~800 Ω 1/2W
r_3, r_4	3~5k Ω 1/4W
r_5, r_6	7~10k Ω 1/4W
r_7, r_8	50 Ω ~100 Ω 1/4W
VR_1, VR_2	10k Ω 电位器, 印制电路板装配型、普通产品都可以
IC_1, IC_2	741 型 OP 放大器 IC 通用品也可以
Tr_1	NPN 型 50~100V 程度的通用品 例如 2SC3419
Tr_2	PNP 型 50~100V 程度的通用品 例如 2SA1356
印制电路板	

制作方法

图 2 是印制电路板图, 图 3 是组装的实物布线图。

实物布线图

图 3 中没有安装图 1 的 C_7, C_8 , 这是由于考虑到在实际应用的情况下原则上在负载侧(OP 放大器等电路)和电源输入端都要附加若干平滑滤波电容, 大部分情况下即使省略 C_7, C_8 也没关系。

• 装配注意事项

(1) 注意不要将 C_1, C_2, C_3, C_4 的电容的正(+)、负(-)极性接错。当将这些电容的“+”、“-”极性接反接通电源时, 经几分钟电容就有爆炸的危险, 即使不爆炸也会发热发烟, 电容器无疑会毁坏。虽然, 为了学习的目的做这些实验还是有价值的, 但是, 衷心希望各位读者一定要注意防止发生危险再进行实验, 这是头等大事。

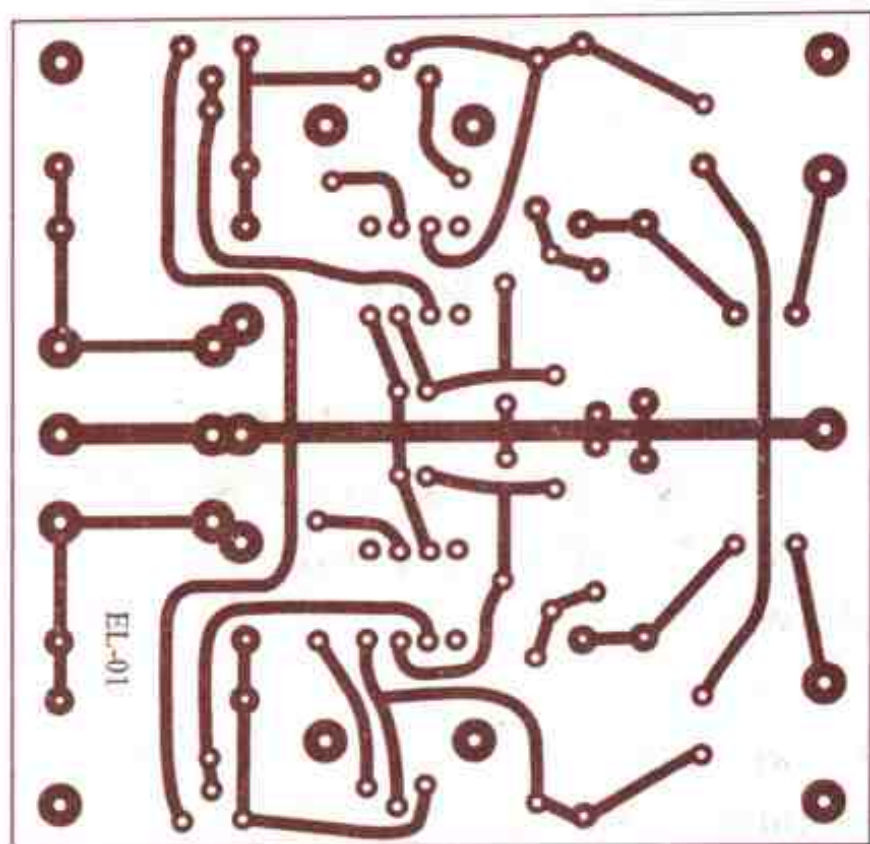


图2 印制电路板图(原尺寸大小)

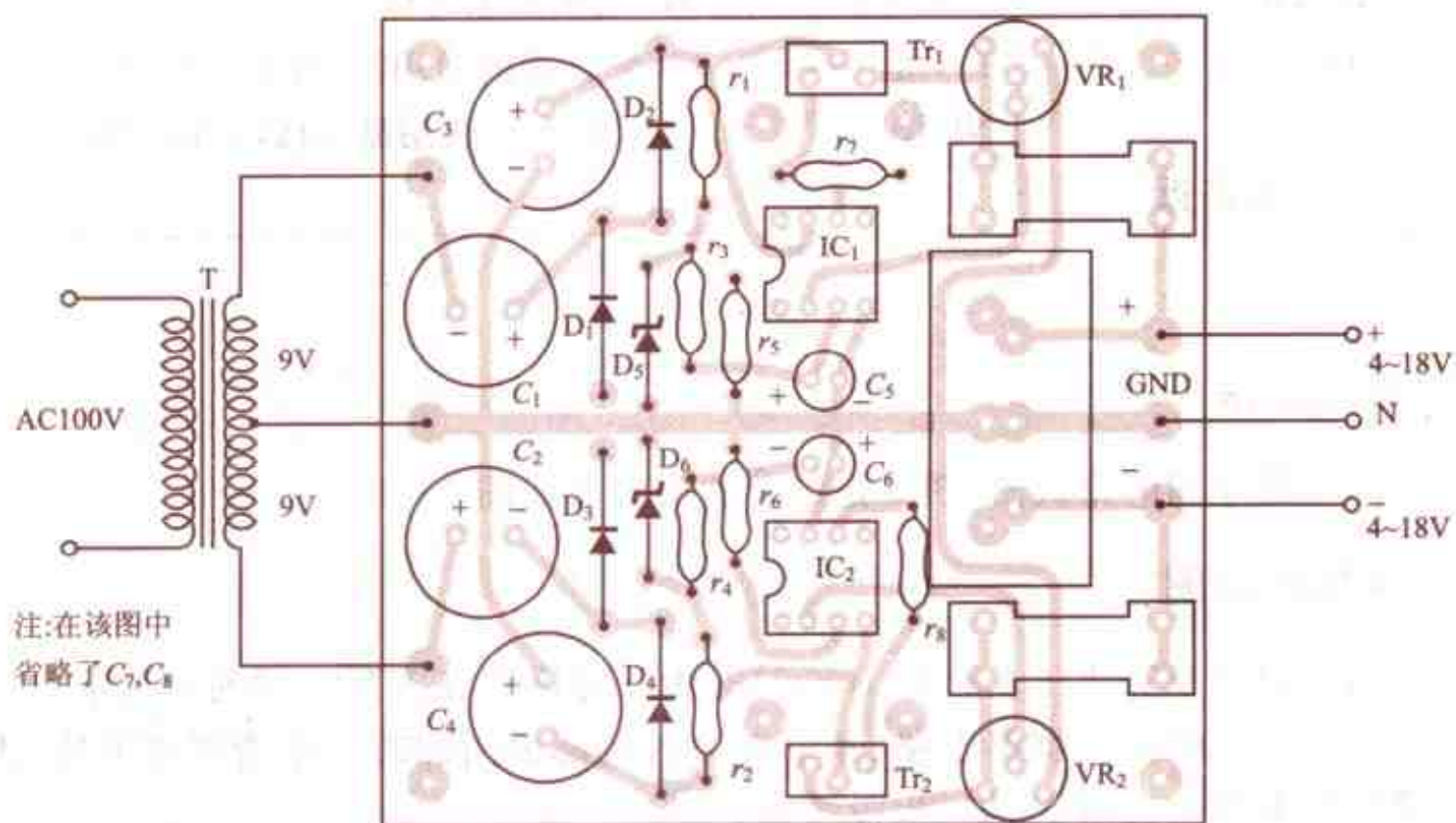


图3 实物布线图

(2) 注意不要将二极管的方向接错。

(3) 晶体管也是“+”侧 NPN, 2SC, 2SD 型, “-”侧是 2SA、2SB 型, 注意不要接错。

电路的要点

(1) 是倍压整流方式。

(2) 当输出电压设定为 V_R 时, 为了将输出电压降到比稳压二极管的电压还低, 将稳压二极管的电压用电阻分压法制作基准电压。因此, 当希望变更电压范围时, 只要变更 r_3, r_5 或者 r_4, r_6 的分割比就可以。

(3) C_5, C_6 是减少输出电压纹波的决定手段, 这是宝贵的技术诀窍, 务请牢记。

(4) 当 r_7, r_8 大于 $1\text{k}\Omega$ 时, 将损害输出电压的稳定度。

在该电路中, 在输出侧没有设置短路防止电路。如果错误地将输出侧短路, 将烧坏晶体管。有精力的话, 请研究一下短路防止电路。

2

可变型3端调节器(使用LM317、LM337)实验用电源的制作方法

电路及其要点

图1示出使用可变型调节器LM317, LM337(LM317, LM337是电压可变型3端调节器, 相应产品是业已大量上市的通用品。电压可变范围: $+1.2 \sim 34\text{V}$, 电流容量 0.5A ; $-1.2 \sim 34\text{V}$, 电流容量 0.5A 。)实验用电源的电路图。输入电压 16V , 由倍压整流得到约 40V 的电压。由于IC是简单的串联稳压器使用方法, 所以会产生热量。为了散热使用若干大型散热器。电路图上的硅整流器 $D_3 \sim D_{10}$ 是做保护用的, 原理上是可以不用的。

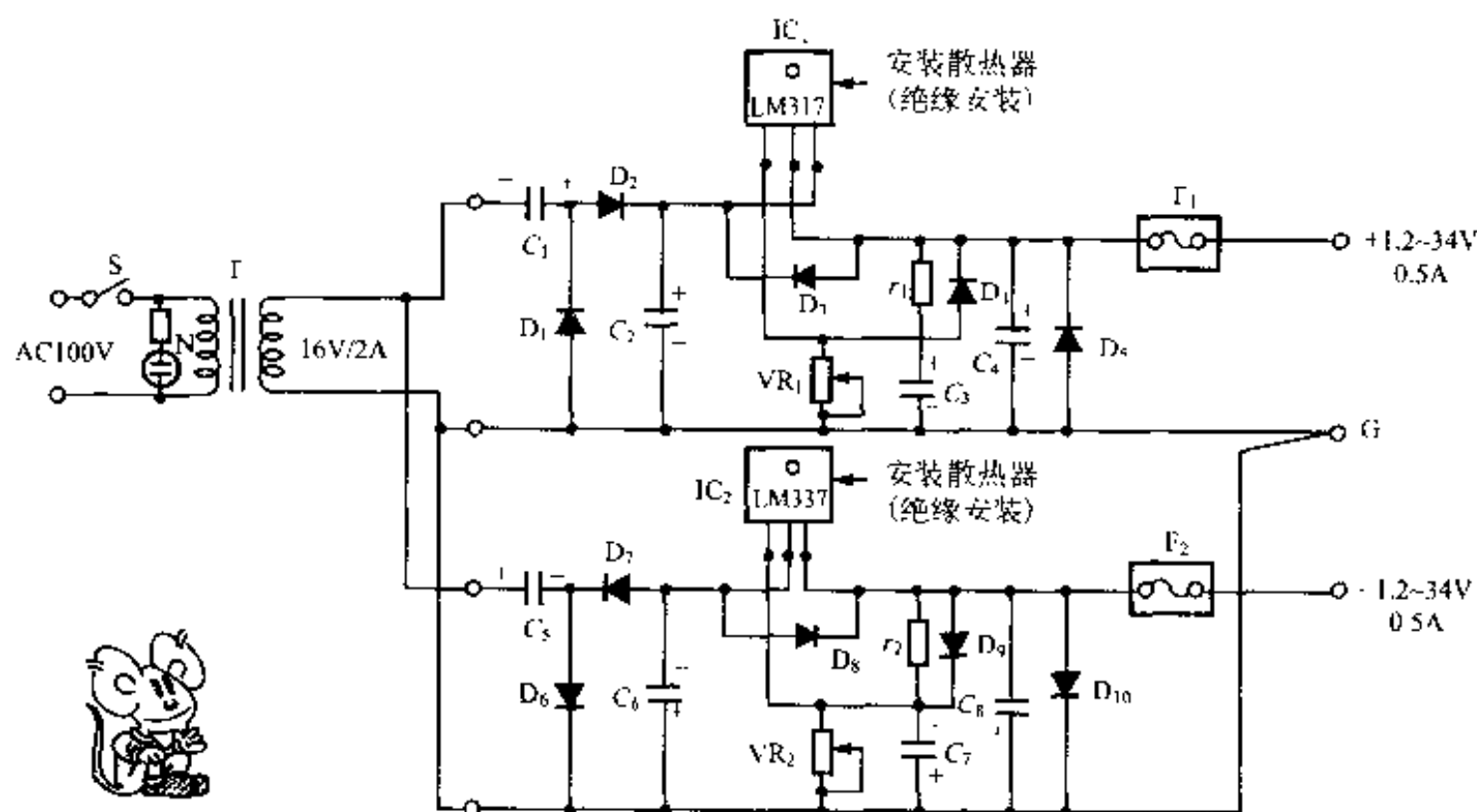


图1 可变型调节器实验用电源的电路图

部 件

IC ₁	LM317T 或者相当的产品	
IC ₂	LM337T 或者相当的产品	
D ₁ ~D ₁₀	1A/100V 硅整流器,通用品、类似品也可以	
C ₁ ,C ₂ ,C ₅ ,C ₆	470 μ F/50V	
C ₄ ,C ₈	100 μ F/50V	
C ₃ ,C ₇	20 μ F/50V	
r ₁ ,r ₂	220 Ω 1/4W	
VR ₁ ,VR ₂	10k Ω	
散热器	尽可能大,大于 5cm \times 10cm 的长方形	
T	AC100V/16V 2A 程度	
S	开关	} 根据喜好决定
N	氖灯	
F ₁ ,F ₂	1A 保险丝支架及保险丝	
	电位器用旋钮;接线柱,终端类	

注意电路图中 C₁ 和 C₅ 的极性(+,-)不要接错,IC₁ 和 IC₂ 的管脚配置不同,这一点要特别注意。图 2 是印制电路板图的一个例子。图 3 是组装的实物布线图。

(1) IC₁,IC₂ 用云母或者聚酯树脂板绝缘安装在大型散热器上。

(2) 注意电容器的极性(+,-),方向不要接错。

(3) IC₁(LM317),IC₂(LM337)中,IC 的管脚配置不同。如果将管脚接错,IC 就会损坏。

(4) 二极管的方向也要注意。

(5) 其他的开关,氖灯,保险丝等,可根据喜好使用。

运转、调整、设计

如果进行正常的连线,任何地方都不需要调整,作业就可以结束了。

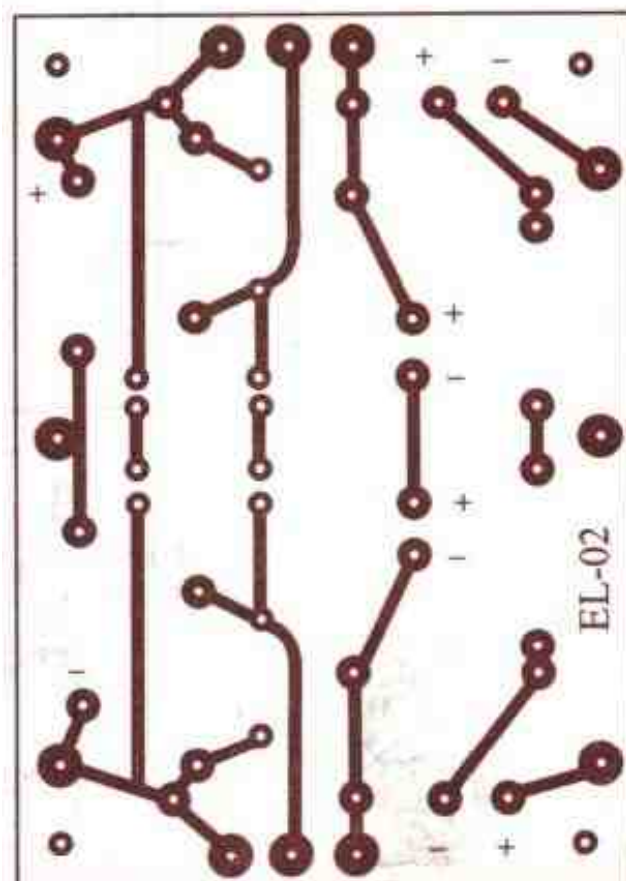


图 2 印制电路板图(原尺寸大小)

实物布线图

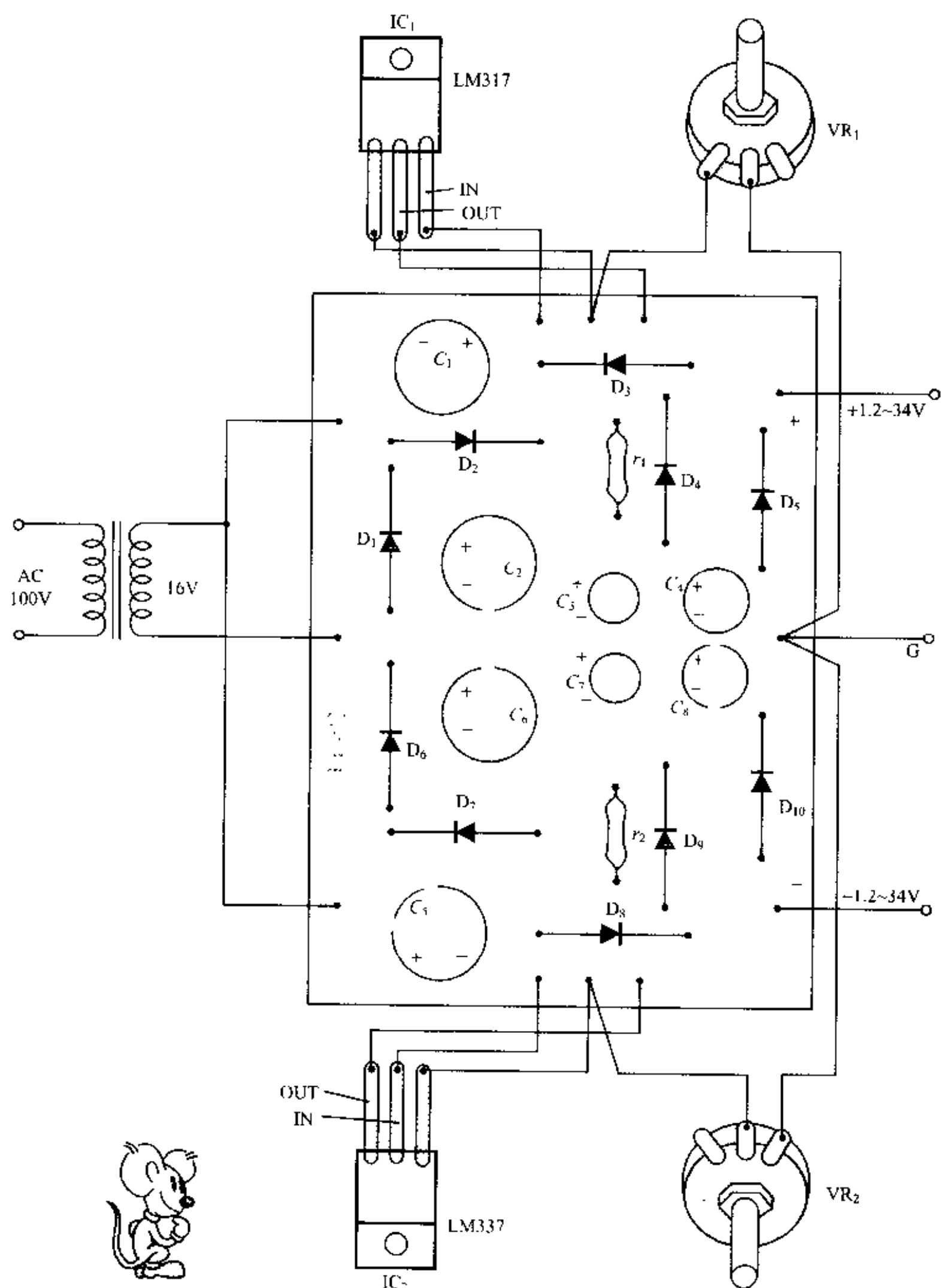


图3 实物布线图

2 可变型 3 端调节器(使用 LM317、LM337)实验用电源的制作方法

虽然带有 T 形式的 IC LM317T, LM337T 的电流标准达到 1.5~2A, 但这时电源的变压器容量也成了问题, 这里所显示的变压器没有那样大的电流, 只要理解了原理, 根据需要更换大容量的变压器就可以了。

为了电路的安全, 可以安装保险丝, 也可以考虑安装电流限制电路, 这要根据目的和喜好来决定。

变压器可以另外准备, 也可以不用这里示出的倍压整流, 而是制作 30V 程度的二个线圈, 分别施加全波整流, 这样做确实能够得到更大的电流, 这也要根据目的和喜好来决定。

在 VR₁, VR₂ 上安装旋钮, 配以电压刻度, 使用的时候就更加便利。

开始电路的试运转, 流过电流, 确认安装了 IC 的散热器的发热情况。无论在怎样的运转条件下, 都要考虑发热量最大的元件, 确认其发热的情况就可以。

使用感光底板的印制电路板的制作方法



1. 绘制电路图。
2. 以电路图为基础描画原图尺寸大小的图形图。
3. 在透明的塑料膜上用刻字机制作原图尺寸大小的阴膜。
4. 原图尺寸大小的阴膜制成后, 将阴膜重叠在感光衬底上, 用玻璃夹持, 在荧光灯下使它曝光。荧光灯是 40W 程度, 离灯管距离 10~15cm 左右, 曝光时间 10~15min 程度。
5. 曝光结束后, 用显影液显影, 图形以外的表面涂料被完全溶解。在铜箔的表面上留下图形。
6. 用氯化铁溶液腐蚀衬底, 图形以外的铜箔被溶解。将溶液温度上升到 35~40℃ 能够加快腐蚀速度。
7. 使用细的水砂纸一边水洗一边将图形磨光。
8. 在图形面上涂上清漆(已有相应商品大量上市)
9. 进行打孔加工, 根据需要钉上铆钉等。

虽然经过以上工序就能够完成印制电路板的制作, 但是, 在实际制作时经验是十分重要的, 只有经过多次失败反复练习才能成为行家里手, 请不要害怕失败, 坚持练习下去。

当我们把目的定为电子电路实验、研究用的电源时, 设计者可以自由地按自己的想法将它放入机壳内, 安装电压表、电流表……考虑将其作成便利的工具的制作方法, 那是十分有趣的。

3

镍镉电池用500mA恒流式充电器的制作

有各种各样形式的镍镉蓄电池(一般简称为镍镉电池)正在普及中,其中最普及的是与单3干电池同样形状的镍镉电池.让我们试一下它的充电器.

镍镉电池的性质和充电器

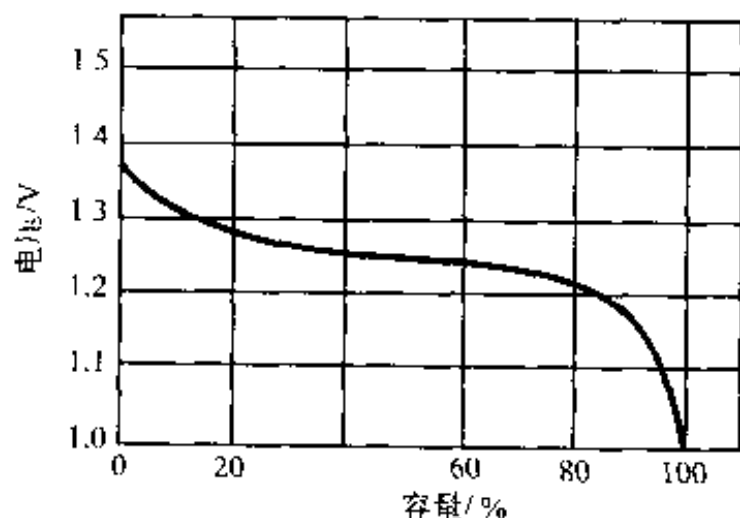
单3型(干电池的情况下称作 SUM-3 型)的镍镉电池称作 KR-AA 型。

KR-AA 型 额定容量: 450mA · h 尺寸: 外径 14.5mm, 高 50.5mm
额定电压: 1.2V

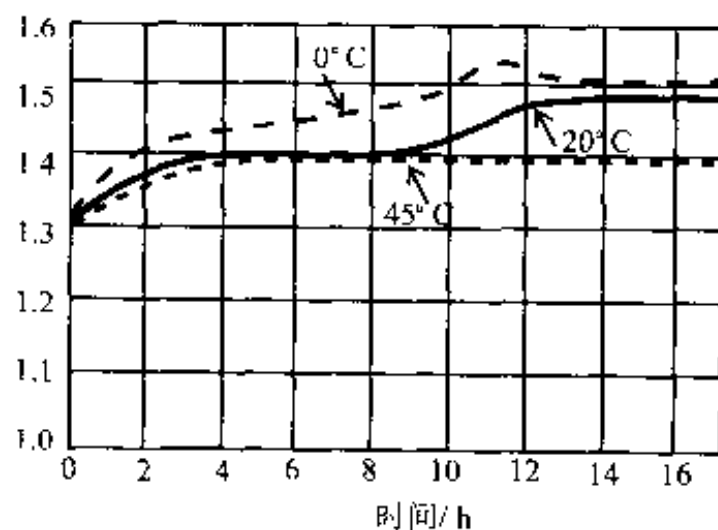
这种电池是密封型,与单3干电池的操作完全相同,非常方便,但是,它的充电却十分麻烦,这是一大难点。作为充电方法,要求做到:

- (1) 一般充电型以 10h 的比率进行。
- (2) 急速充电型以 5~6h 的比率进行。
- (3) 短时间充电型以 1h 的比率进行。

因此,在计划制作充电器的情况下,以能够对应最高的 1h 比率为目标进行



(a) 20°C, 以10小时比率放电特性的一个例子



(b) 以15小时比率充电特性的一个例子

图1 镍镉电池的特性

制作。

图 1(a)、(b)是参考某厂家资料的概图,虽然数据不是严密的,但是从中可知道电池的性质。

(1) 观察放电特性,容量从 20%放电到 80%的情况下,电压仅仅从 1.28V 下降到 1.23V,作为电池具有优秀的性质,但是,反过来看,仅仅从端电压看时,判断容量究竟放电到了什么程度?就是说,判断剩余容量还有多少十分困难。

(2) 观察充电特性,从端子电压判断充电是否结束十分困难。而且,由于温度的关系,端子电压差别很大,其结果,就是没有简单的知道充电已经结束的方法。

在计划制作充电器时,首先必须充分把握镍镉电池的这种性质,再进行设计。

A 简易型恒流充电器的制作方法

〔规格〕	充电电流	0~500mA 可变,恒流方式
	电 压	最大 16V 能够用到额定值 12V
	电 源	AC100V 60Hz/50Hz

部 件

T	初级 AC100V 60Hz/50Hz,次级 16~18V,0.5A 以上
S	开关 AC100V,5A 程度的开关
N(r_0)	氖灯,带有 R_0 (50~100k Ω),AC100V 用
D_1, D_2, D_3, D_4	硅整流器 100V,1A 程度
D_5	稳压二极管(恒定电压二极管)RD-7A 相当品(约 7V)
r_1	1.5k Ω 1/2~1W
r_2, r_3	10k Ω 1/4W
r_4	100 Ω 1/4W
r_5	5 Ω ,5W 以上,可以切割镍铬合金线制作,如有可能也可用珐琅电阻,胶接电阻
VR ₁	50k Ω ,B 型
OP 放大器 IC	741 型,通用品,任何厂家都可以
Tr ₁	2SA495 或者相当产品
Tr ₂	2SB434 或者相当产品,安装在底盘上或者散热器上
DC 电流表	500mA(0.5A)
C_1	470 μ F/25V 或者 1000 μ F/25V
C_2, C_2'	30 μ F/16V 或者 50 μ F/16V(C_2' 不必要)

电路及其要点

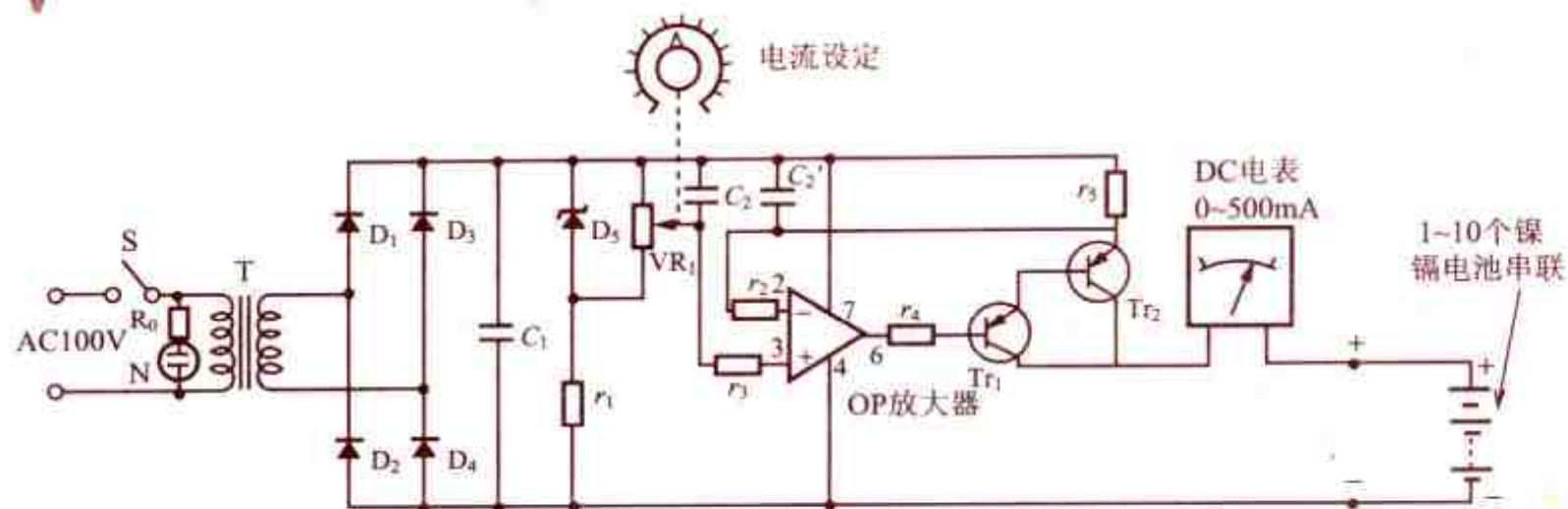
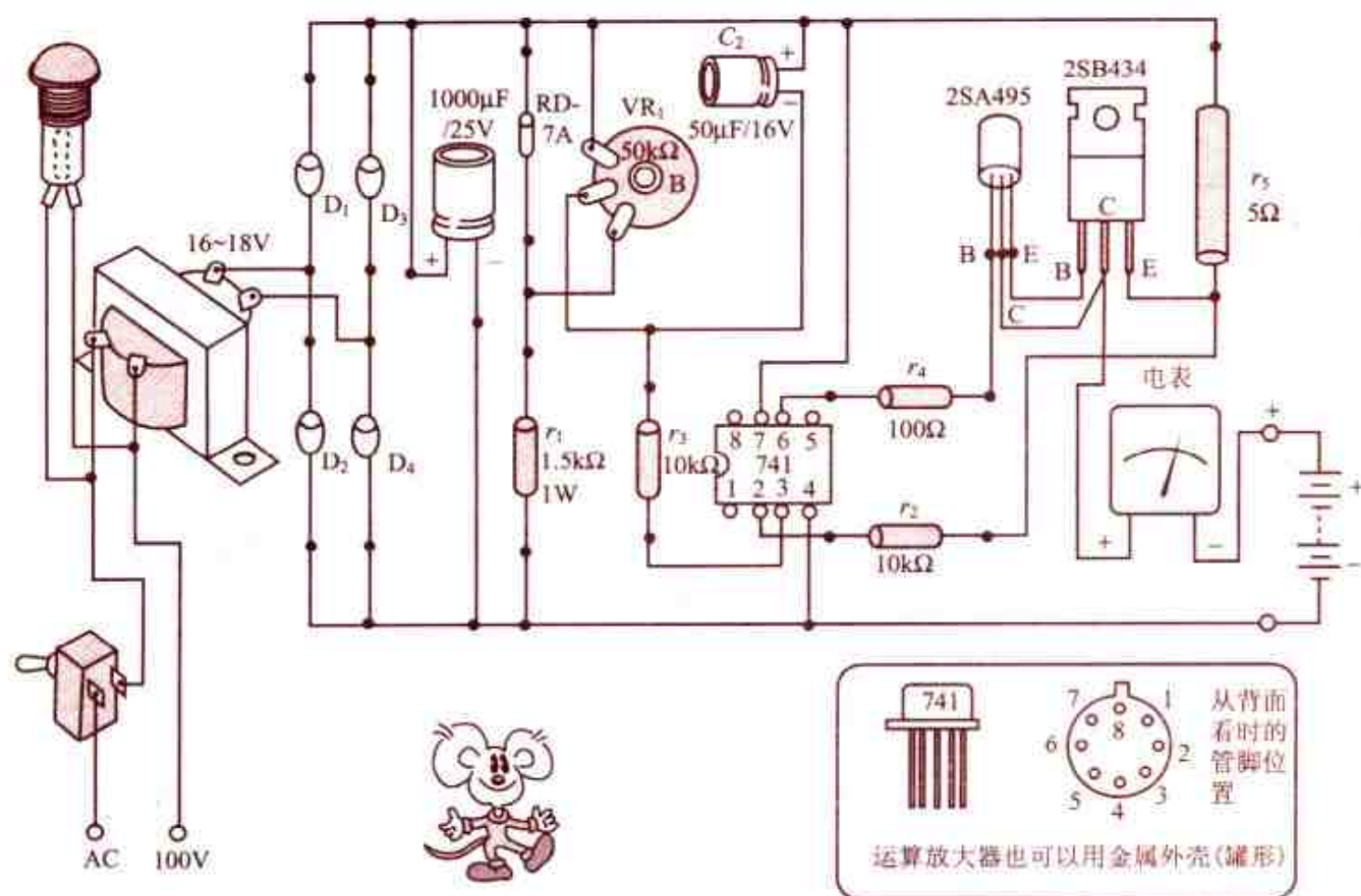


图2 简易型恒流电源的电路图



晶体管的额定规格			
2SB434 低频功率放大用		2SA495 高频放大高速开关用	
V_{CBO}	-50V	V_{CBO}	-50V
V_{CEO}	-50V	V_{CEO}	-50V
V_{EBO}	-5V	V_{EBO}	-5V
I_C	3A	I_C	-150mA
I_B	0.3A	I_B	-30mA
p_c	25W	p_c	400mW
H_{FE}	40(最小)	H_{FE}	70(最小)

($V_{CE} = -5V, I_C = -0.5A$ 时, 安装在底壳或者散热器上)

图3 实物布线图和晶体管的额定值

现在,让我们开始充电器的设计吧!

(1) 设定在恒流方式下,是以几毫安,流通几小时,进行几毫安·时的充电的方法。

(2) 电池虽然可以是 1 个,但是,要设定能够最多充电 10 个串联电池(额定 12V)。此外,在最初的简易型中不能进行充电已经结束的判断。

图 2 是电路图,图 3 是它的实物布线图。

电路的工作原理

现在,详细分析电路的工作原理(参见图 4)。

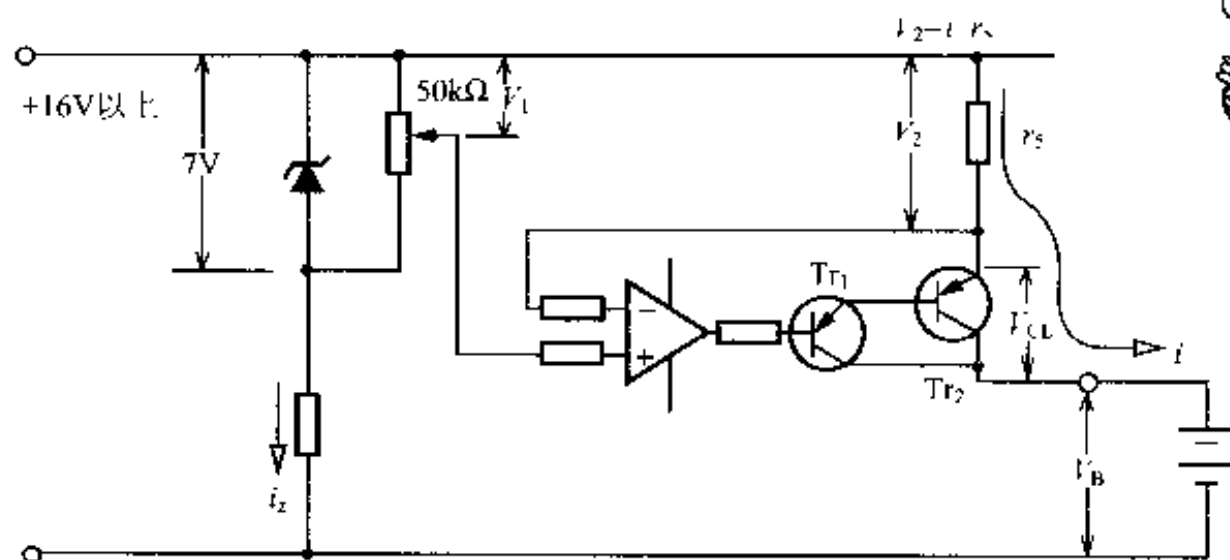


图 4 电路的工作原理

(1) 将电源整流,制作 DC16V 以上 20V 程度电压的电源。

(2) 使充电电流流过 r_5 (5Ω) 及晶体管到电池。取出在 r_5 上产生的电压 V_2 ,在 OP 放大器 IC741 上将 V_2 与设定值 V_1 (恒电压) 进行比较,如果存在差值将差值放大施加在晶体管的基极上,进行控制使得 V_1 和 V_2 相同。

(3) 如果 i 被规定,则电源的 16V 以上的电压

$V_2 \cdots \cdots r_5$ 的电压

$V_B \cdots \cdots$ 电池的电压,随充电有若干变化

$V_{CE} \cdots \cdots$ 剩余部分全部接受

(4) 当电池是 1 个的情况下, V_B 约为 1.3~1.4V,当电池是 10 个串联的情况下,约为 13~14V。因此,当 i 被规定(由 VR1 的 V_1 规定),一旦电池的数目确定后,由于 V_2 用 i 规定,剩余部分全部被晶体管的 V_{CE} 接受。这些就变成热。

现在,最大条件是:

电源的直流电压 16V

电池 1 个,因此, V_B 是 1.4V

设电流为 0.5A,则 $V_2 = 5\Omega \times 0.5A = 2.5V$

因此, $V_{CE} = 16V - 2.5V - 1.4V \approx 12V$

晶体管的发热量为: $12V \times 0.5A = 6W$

由于从晶体管产生 6W 的热量,所以必须散热。但是,在制作的时候,产品要能耐最恶劣的条件是头等大事。

为了散热,当然可以将产品放在盒子里或者底盘上,但是,在裸露进行实验时,至少要把它安装在 $10cm \times 10cm, 1.5mm$ 厚的铝板上。

(5) 晶体管电路的设计(参见图 5)

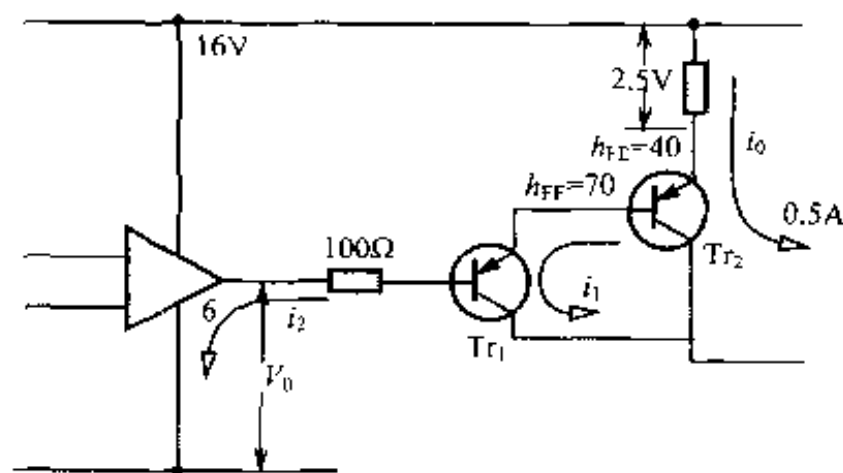


图 5 晶体管电路的设计

① 设流过 Tr_2 的集电极的电流 $i_0 = 0.5(A)$, 基极电流 $i_1 = 0.5 \div 40 = 12.5 (mA)$ (设 H_{FE} 为 40)。

② i_1 是 Tr_1 的集电极电流, 为了得到集电极电流 i_1 , Tr_1 的基极电流 i_2 为:

$$i_2 = 12.5(mA) \div 70 \approx 0.1(mA) \cdots \cdots 100\mu A \text{ (设 } H_{FE} = 70 \text{)}$$

③ 由于在基极上串有 100Ω 的电阻, 为了流过电流 i_2 , OP 放大器的输出 V_0 将发生变化:

$$V_0 \text{ 的变化} = 100(\Omega) \times 0.1(mA) = 10(mV)$$

OP 放大器的输出变化 10mV, 就能够使 i_0 发生 $0 \sim 0.5A$ 的变化, 这可以说是极高的灵敏度。

④ 由于该设计是用厂家保证的 Tr_1, Tr_2 的 H_{FE} 的最小值进行计算的, 当 H_{FE} 比该值更大时, 灵敏度将更高, 实际上, 即使要求这样高的灵敏度也没有意

义,用现在这样的计算就可以。

⑤ 在该计算中,最重要的是核对集电极电流 I_C 和基极电流 I_B 是否超过了厂家指定的额定值。看一下前面所示的额定值就明白该设计是留有很大余地的设计。

(6) OP 放大器 IC 电路的思考(参见图 6)

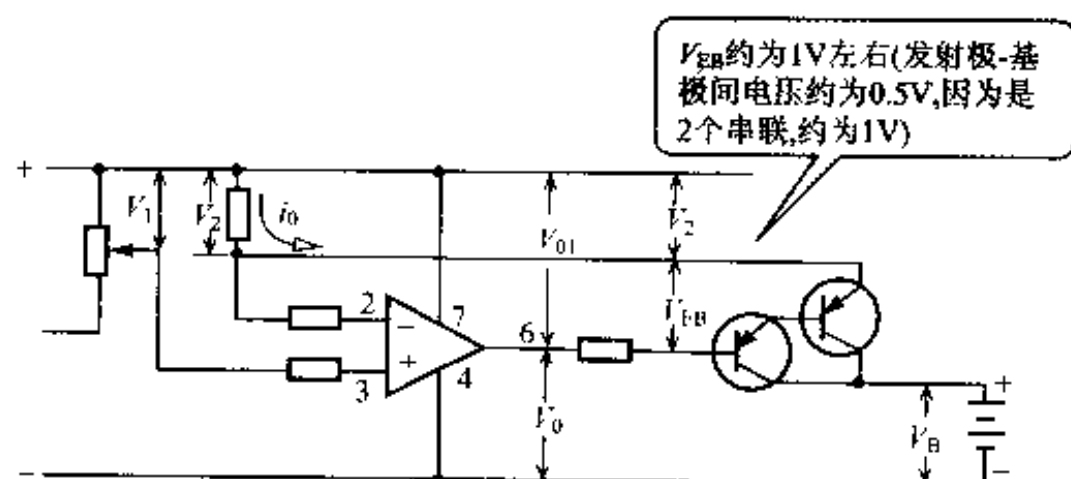


图6 OP 放大器 IC 电路的思考

由于该电路的思考方法与标准电路相反,就有些难于理解。

① 比较 V_1 和 V_2 , 将 V_1 和 V_2 的差值放大(放大数千倍以上), 输出 V_{01} 。从电源电压减去 V_{01} , 就得出 V_0 。

② V_{01} 是 V_2 (由 i_0 决定) 和 V_{EB} (约 1V) 的和, 将 V_{01} 从电源的 16~18V 减去的值成为 V_0 , 用该 V_0 值控制晶体管。

这时, 电源是在 16~18V 变动很大的值。 V_{EB} 也是约 $0.5(V) \times 2 = 1(V)$, 也是变动的值。因此, V_0 就成为从变动的电源减去变动的值而成的量, 初看起来这样原封不动的使用, 是不能进行正常的控制的, 但是, 实际情况不是这样, 能够十分正确稳定地进行控制。

其原因在于 OP 放大器 IC 的放大率很大。由于在 OP 放大器上不加反馈的比较仪(比较电路)的使用方法中, 放大率都在数千倍以上, 一般为数万倍, 上述认为不良的变动被该放大率覆盖, 电路中看就完全消失了。

该电路使用方法如下:

- ① 接通电源 AC100V, 将开关置于 ON;
- ② 连接电池, 将输出的 1 连接到电池的 + 上;
- ③ 调整 VR_1 旋钮, 设定目的电流;
- ④ 存储这时的具体时刻, 决定充电几小时;
- ⑤ 经过规定的时间, 将电池取下;

⑥ 切断电源。

实际上,虽然也可以在连接电池后再接通电源,但结果是无论以怎样的顺序都是可以的,但是,在让没有经验的人使用时,还是要决定一个顺序,显示操作方法,指导正确的使用方法。

B 带有控制电路的恒流充电器的制作方法

在上述的简易型充电器上,追加电池的电压检测电路,当电池的电压上升到规定的电压后,再追加使充电电流降低到 $1/10$ 的电路。

电路及其要点

图 7 是带有控制电路的恒流充电器的电路图。

(1) 电路的制作最好是在印刷电路板(图 8)上制作。参见图 9 的实物布线图。

(2) 简易型充电器也能够印刷电路板上制作。对于简易型,不用的部件就不用安装,仅仅用连接线将 r_6 短路就可以了。

(3) 继电器的接点使用 B 接点(继电器 OFF 时连接的接点)。因此,当继电器 ON 时 r_6 50Ω 进入电路, VR_3 也进入电路。就是说,当电池的电压超过规定值(由 VR_2 决定)以上时,继电器 ON, r_6 和 VR_3 进入电路,使充电电流能够降低到 $1/10$ 。

(4) 电路的调整十分困难。

VR_3 的作用是,在充电中电流降低的同时,也使电池电压降低若干。这是因电池的内部电阻而下降的电压分量。因此,当继电器 ON, 50Ω 插入引起电流降低时,电池电压只下降相当于电阻下降的额度,其结果是继电器 OFF。继电器一旦 OFF, 50Ω 电阻就短路,电流增大、电压上升,继电器 ON。

由于这样的反复引起继电器 ON, OFF 的追逐动作。为了防止这种现象,插入 VR_3 , 如果继电器 ON, 则使继电器工作的电压基准值下降,结果是,如果电压不大幅度下降,继电器就应该不 OFF。由此,有必要将 VR_3 设定为实验上的适当值。反复试验,找到最接近不引起继电器 ON、OFF 追逐的值。

(5) 如果进行各种各样的实验,一定能发现有趣的使用方法。

电路图

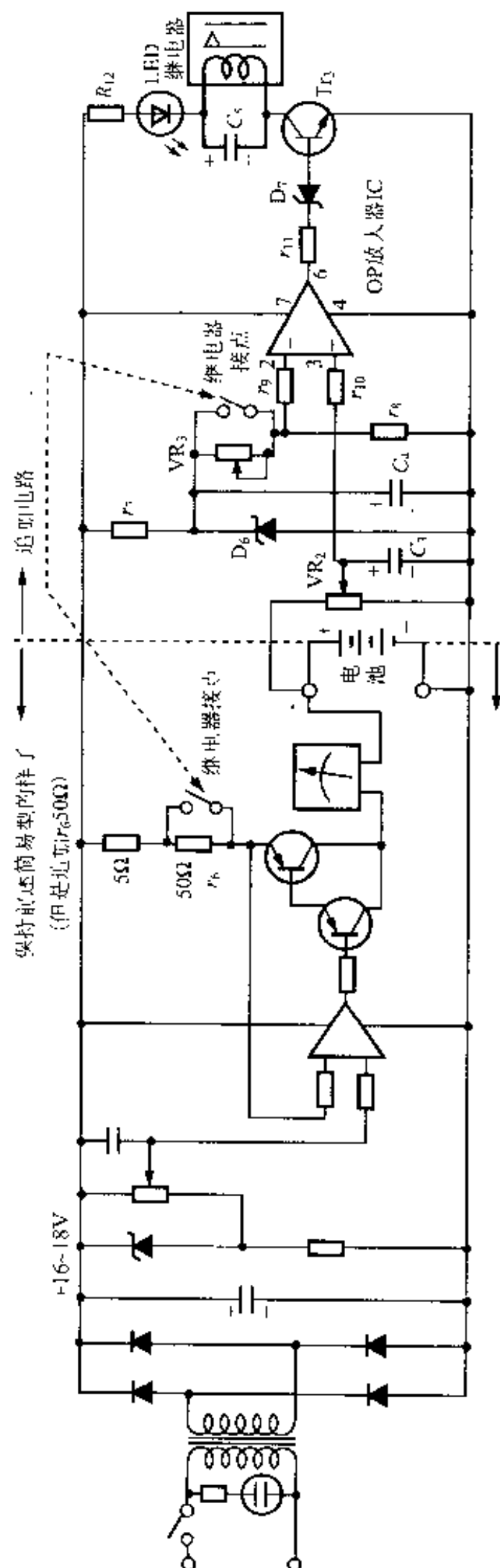
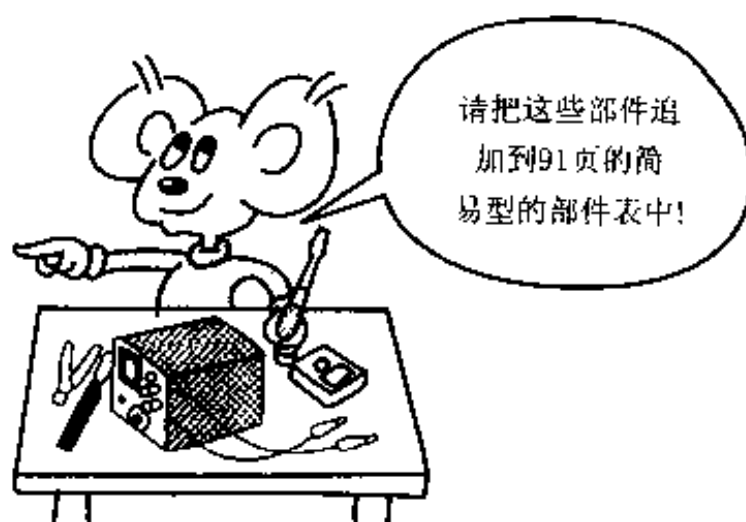


图7 带有控制电路的恒流充电器的电路图

部 件 (追加部分)

- D₆ 稳压二极管(恒压二极管)
与 RD-5A 相当的产品
- D₇ 稳压二极管(恒压二极管)
RD-5A, 或者 RD-6A, RD-7A 也可以
- LED 通用品, 最好是红色
- r₆ 50Ω 1W
- r₇ 1.5kΩ 1/2~1W
- r₈, r₉, r₁₀ 10kΩ 1/4W
- r₁₁, r₁₂ 500Ω 1/2W, 因继电器的动作状况在 300Ω~600Ω 间变更试试看
- C₃, C₄ 10μF/16V~30μF/16V
- C₅ 100μF/16V
- VR₂ 50kΩ B 型
- VR₃ 10kΩ 半固定型, 也可以是小型的印制电路板安装用
- 继电器 151 号线圈电阻 500~600Ω 或者相当产品, DC 12V 用(在 DC 12V 下通过约 10~20mA 电流的产品)有 2 组接点
- Tr₃ 2SC372, 2SC1815 等的小容量通用品
- OP 放大器 IC 741 型



印制电路板

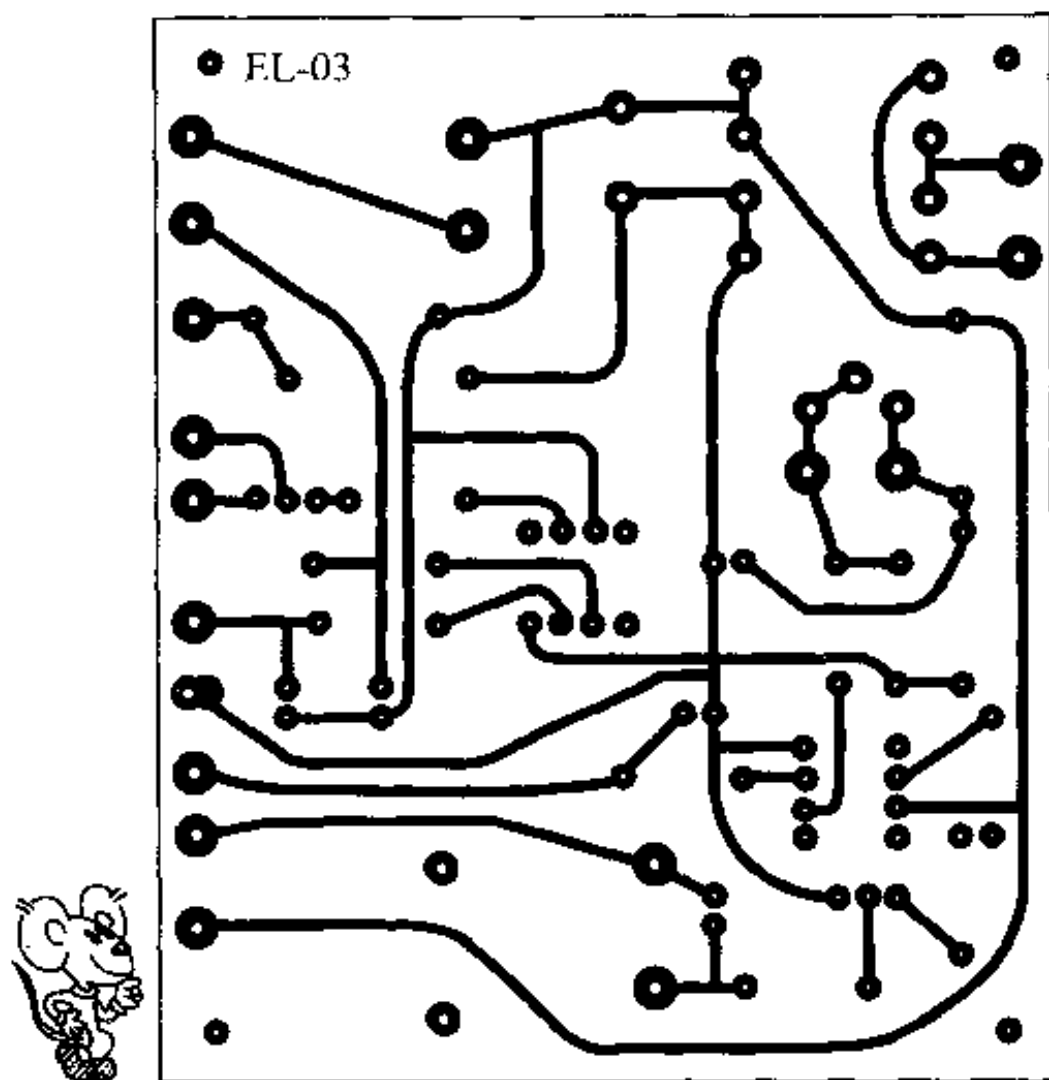


图 8 印制电路板图(原尺寸大小)

问题点和研究课题

(1) 如在叙述电池的性质时已说明的,用电压检测电池是否充电结束是十分困难的事情。因此,即使追加该电路,也不可能成为可以 100% 信赖的实用的东西。

(2) 由于充电结束时的电池电压受温度的影响,就变得更加困难。

(3) 一般说,镍镉电池如果在充电时流过过大的电流,电池的温度会上升到 40℃ 以上,会对电池带来恶劣影响。因此,虽然最好追加温度检测电路和以它为基础的控制电路,但是,这样做就超出了作为实用装置的界限,进入了个人兴趣阶段,在这里我们没有涉及这一问题。

在本装置中,以下问题具有研究价值:

(1) 与定时器的组合。做些努力将能够设定 1~10 小时的定时器组合进

来,当经过需要的充电时间后,应能使它自动停止。

(2) 用传感器检测出电池的温度,在电路中组合进一种控制方法,当温度达到 40°C 以上时,该控制方法的电压使电流降低,当温度过低时,该电压又使电流再次返回到原来的位置。

该方法,当将检测电压的 VR_2 加入到温度检测的传感电路中时,电流控制电路基本使用相同的电路就应该成为实用电路。有兴趣的人请研究一下试试看。

实物布线图

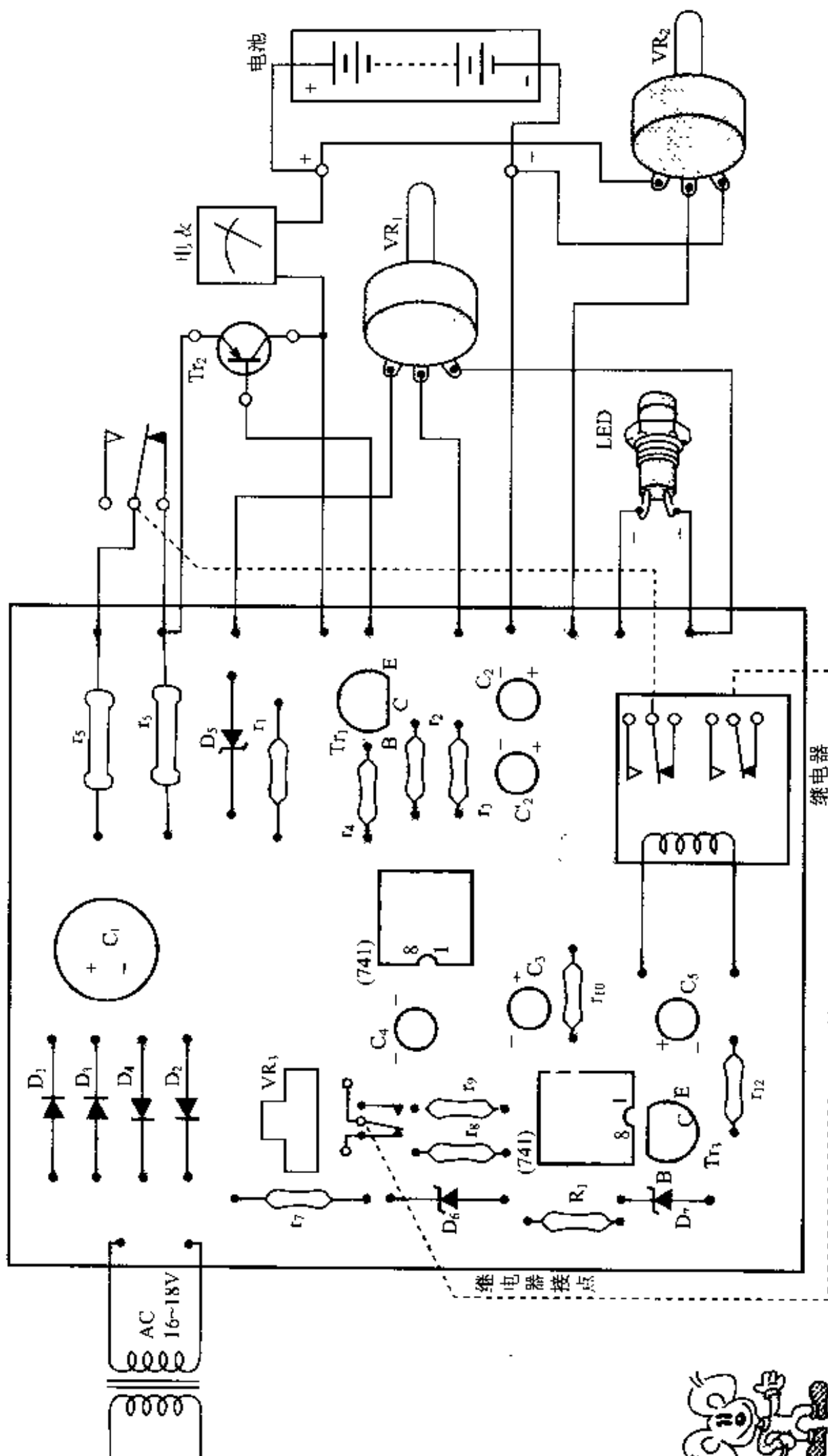


图9 实物布线图

4

晶闸管式10A恒流型
充电器的制作方法

制作6V或者12V蓄电池(汽车用)的充电器

[规格]

- ① 对象蓄电池 6V或者12V达到120A·h程度
- ② 充电方式 恒流式 0~10A可变
- ③ 电源 AC100V, 50Hz/60Hz
- ④ 晶闸管 SCR混合桥
- ⑤ 更换变压器, 不仅可以制作12V, 也能够制作24V, 48V

恒流型充电器及其电路

大体的目标是实验制作能够对 12V, 120A·h 的大型汽车用蓄电池充电的充电器。当考虑对 120A·h 的蓄电池充电时, 在 10 小时率的情况下, 虽然充电电流为 12A, 但这里设定为 10A。蓄电池的充电特性如图 1 所示。

设从 1.8~2V 左右开始充电, 约 10 小时达到 2.23V, 这时虽完成了规定的充电, 但实际上还不够, 还需要再稍稍进行追加充电。一旦进入追加充电领域, 电压就急速上升, 终于上升到 2.7V, 产生大量的气体。在 12V 的蓄电池中:

$$2.7(\text{V}) \times 6 = 16.2(\text{V}) \quad (12\text{V 是 6 个串联})$$

因此, 需要制作在 10A 下, 具有充电电压 16.2V 的供给能力。

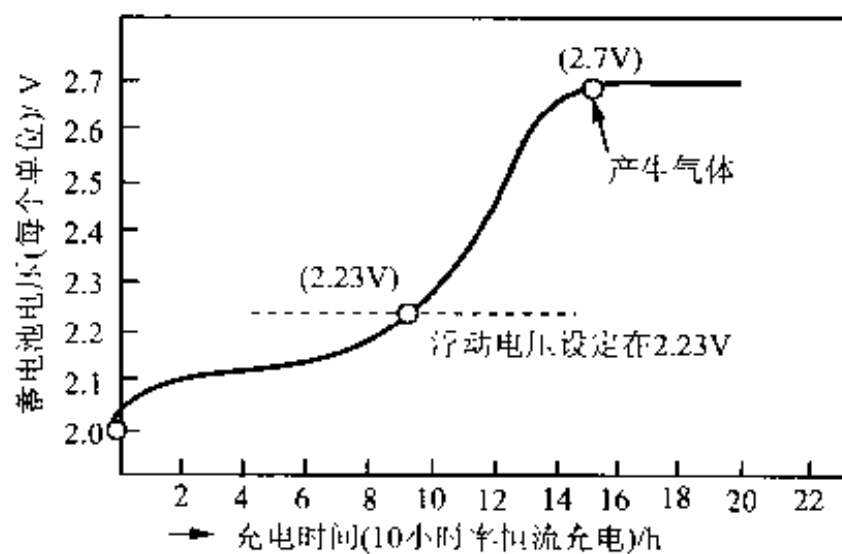


图1 蓄电池的充电特性

电路如图4所示,分晶闸管(SCR)电路和控制电路2部分制作。

正如一看到晶闸管的电路就明白的那样,仅仅是在混合桥上加上了电表。由于是充电器所以不用平滑滤波电容。

控制电路是使用UJT的位相控制电路。检测出充电电流,控制位相控制电路使得充电电流维持一定。

工 作

(1) 将充电器安装在大型盒子里即可,作成便携式能够移动更好。这也与变压器的容量有关,由于变压器发出相当的热量,最好能够通风冷却。

(2) 由于晶闸管模块是绝缘型,可直接固定在散热器上(参见图2)。

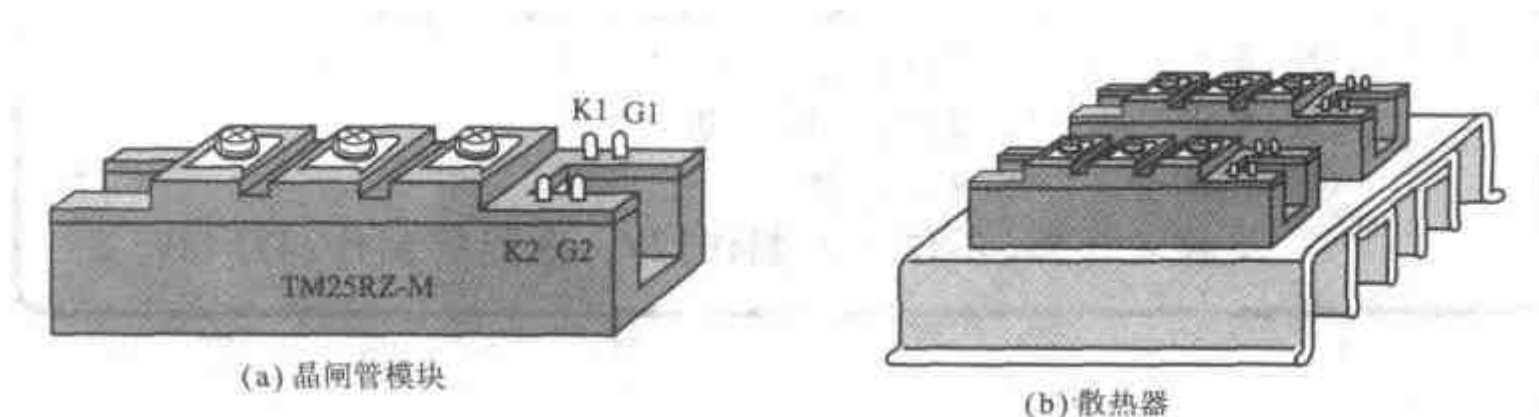


图2 晶闸管模块和散热器

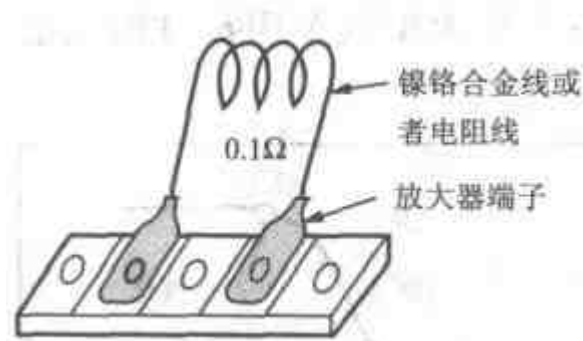


图3 考虑散热的工作

散热器的容量为 $10(\text{A}) \times 1 \sim 2(\text{V}) = 10 \sim 20(\text{W})$ 就可以,若要留一点余地,可使用 30W 的散热器。

大型的盒子使用铝板或者铁板,如果板较厚,可以直接固定在它上面。

(3) r_1 的 0.1Ω 大约是 0.1Ω 即可,由于通过 10A 的电流会产生热量,所以必须考虑散热问题。

由于用万用表不能测量 0.1Ω 的电阻,适当制作电阻,使之当电流为 10A 时,用万用表测量它的电压,通过调整使它的电压达到 1V 程度即可(参见图3)。

部 件

T_1	初级 AC100V 次级 18~20V(12V 蓄电池的情况下)
T_2	初级 AC100V 次级 20V 0.1A
晶闸管模块	使用 2 个三菱 TM25RZ-M 或者相当产品 25A 400V 也可以使用 SCR, 硅整流器的混合模块, 其他的相当产品
r_1	约 0.1 Ω 耐 10A 电流的电阻, 可以用电阻线或镍铬合金线制作
r_2	200 Ω 1/4W
r_3	560 Ω 1W
r_4	2k Ω 1/2W
r_5	1k Ω 1/4W
r_6	3k Ω 1/4W
r_7	500 Ω 1/4W
C_1	200 μ F 16V
C_2	0.1 μ F, 聚酯树脂或者薄膜电容器, 耐压 50V
VR ₁	470 Ω 半固定式, 安装在印刷电路板上
VR ₂	1k Ω B 型
D ₁ ~D ₄	如果是硅整流器 1A/100V 类似品, 哪个厂家的都可以
D ₅	稳压二极管 16V 1W 型 IS231 或者相当产品
Tr ₁	2SA1015 PNP 或者相当产品
UJT	2SH20 或者 2SH21
D ₆ , D ₇	硅整流器 1A/100V
T_3	脉冲变压器, 无论哪个厂家的都可以 〔例〕P-3, MTPL-8, TP-1A 等因厂家不同名称不同
散热器	由于是安装晶闸管模块的散热器, 所以尽量使用大型的
其他	开关, 保险丝, 氖灯, 终端等
电表	DC10A, DC20V

电路图

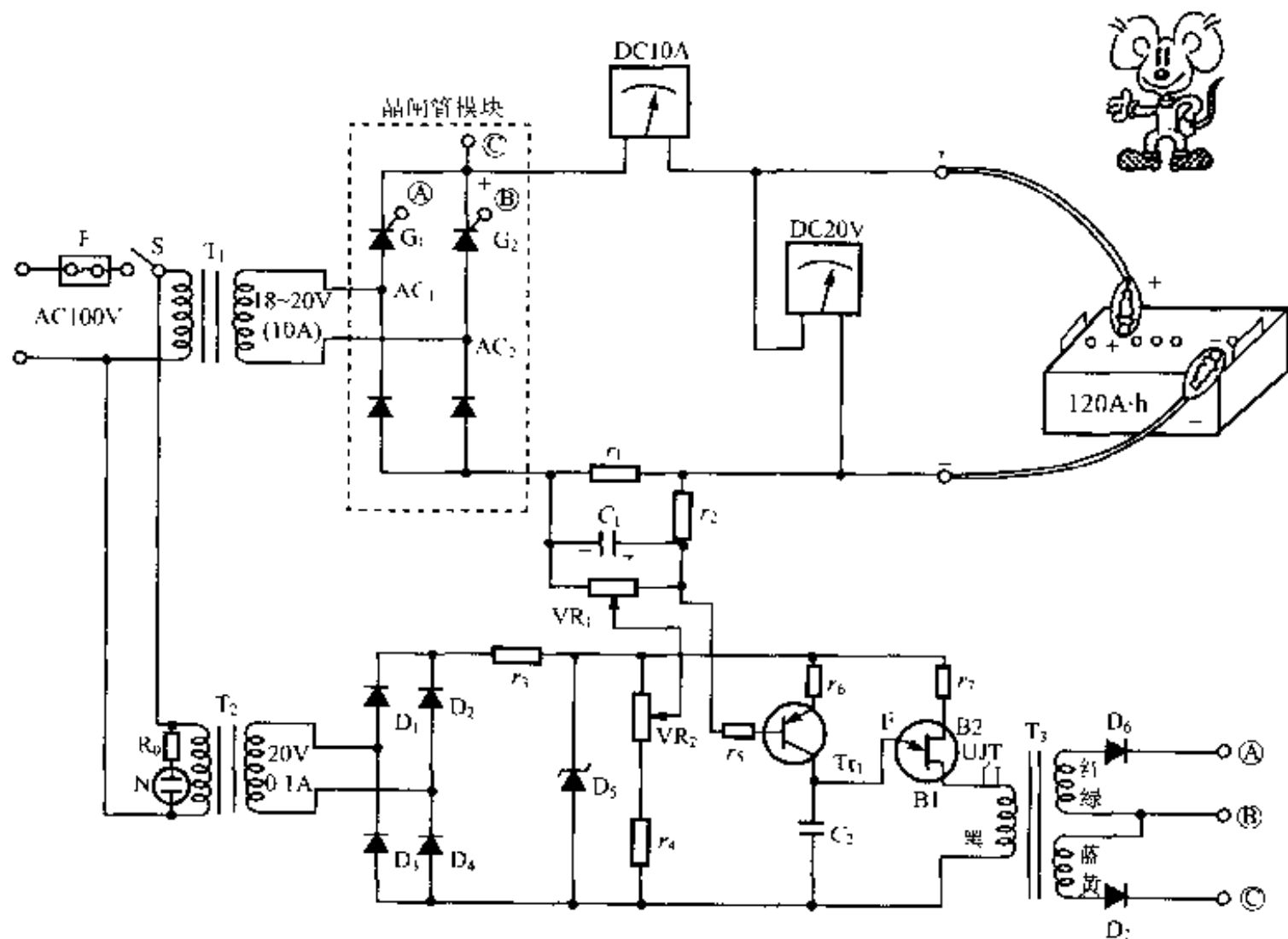


图4 恒流型充电器的电路图

印制电路板

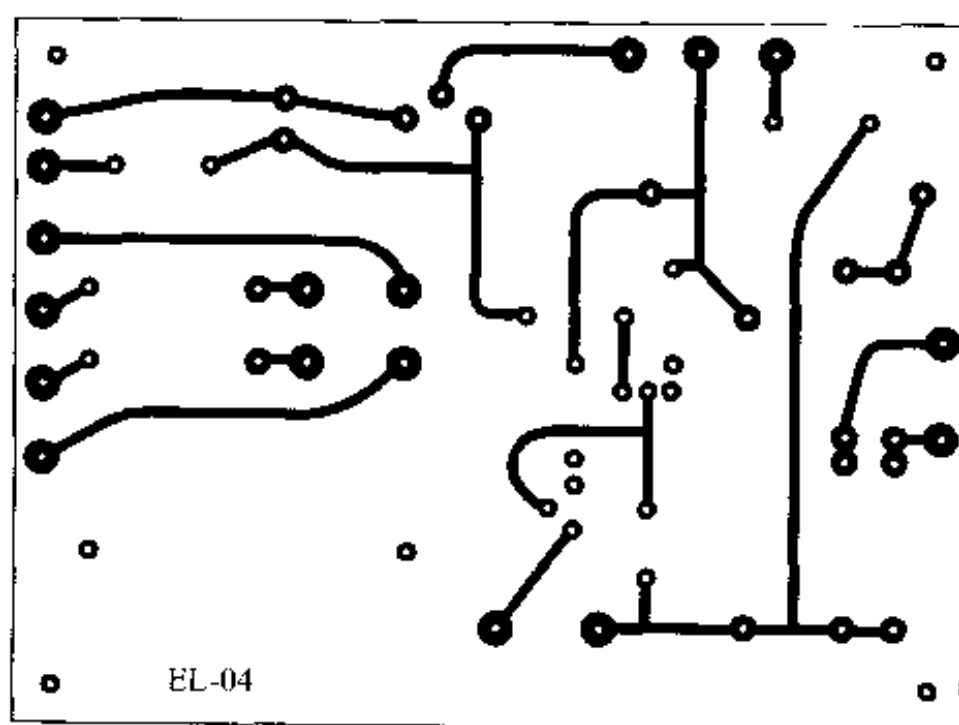


图5 印制电路板图(原尺寸大小)

实物布线图

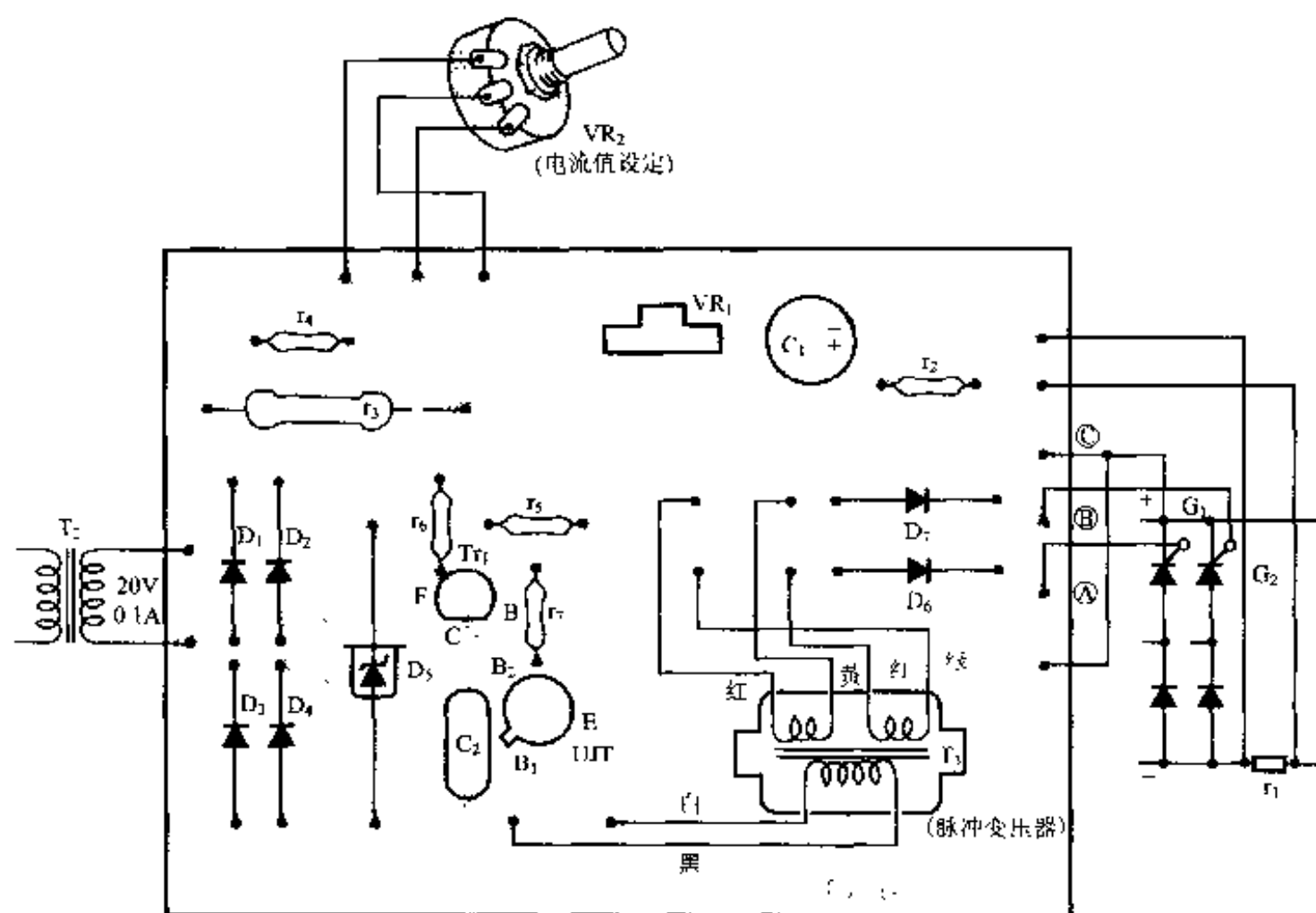


图 6 实物布线图

电路分析

(1) 晶闸管的主电路

如图 7 所示,混合桥的电流流通方法是根据 AC 电压的相位,使图 7(a)、7(b)所示的电流流通方法交互地反复进行。

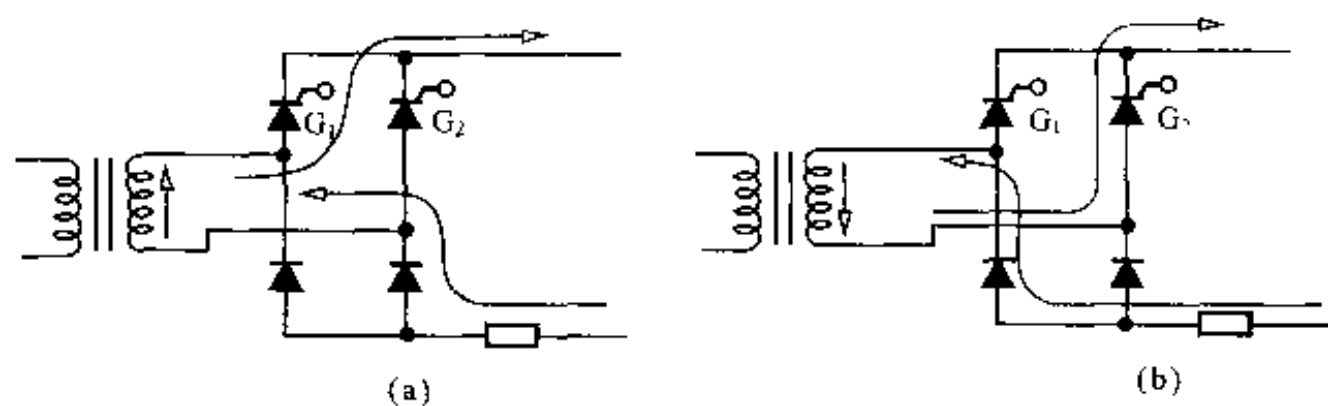


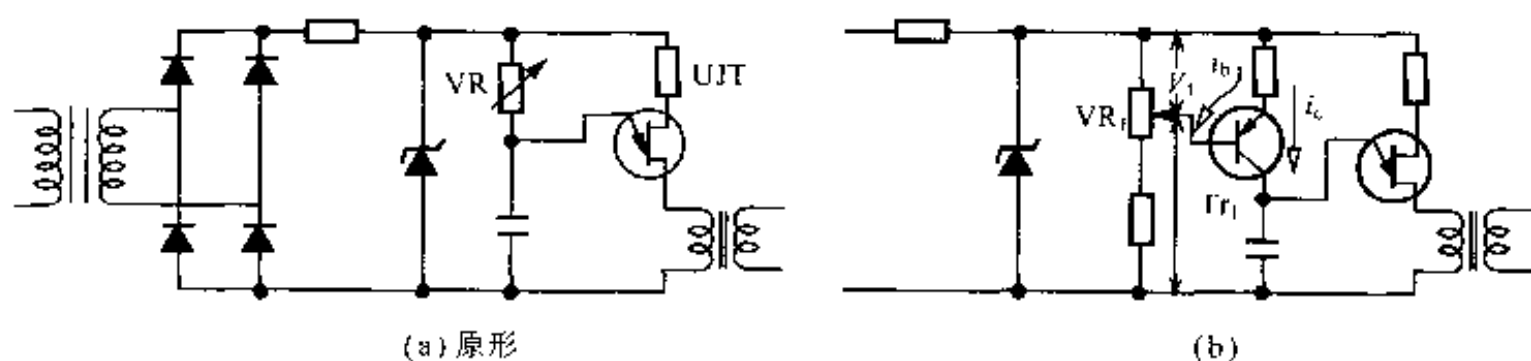
图 7 混合桥的电流流通方式

虽然在 G_1 和 G_2 上并联地同时施加触发脉冲,但是,在 AC 电压的反相不触发,仅仅在正相触发,因而成为图示的形状。

触发虽然是用脉冲变压器将 UJT 的振荡脉冲绝缘,分成两组施加的,如果是 30A 的晶闸管,这样用 UJT 的脉冲就能够充分触发。

(2) 控制电路

图 8(a)是基本的原形电路,不管哪本教科书都是这样表示的。如图 2(b)所示,用晶体管(PNP 型)代替 VR,改变基极电流,使电流 i_c 为 i_b 的 H_{FE} (电流放大率)倍。其结果,虽然与原形的 VR 相同,但是,在原形中是用手旋转 VR 进行控制,而在图 8(b)中则能够用电压 V_1 控制。



用晶体管代替 VR,使用它的发射极-集电极间的电阻。由基极电流 i_b 改变电阻值、用 VR_1 改变 V_1 的电压,由电压 V_1 改变 i_b 。

图 8 控制电路的考虑方法

由于在 Tr_1 中使用的 2SA1015 的 H_{FE} 是 50~100 左右, i_c 是数 mA, i_b 是 i_c 的 1/50~1/100,为数 $10\mu A$ 。

图 9 示出了一个实用电路的主要部分。使 10A 的充电电流流过电阻,产生

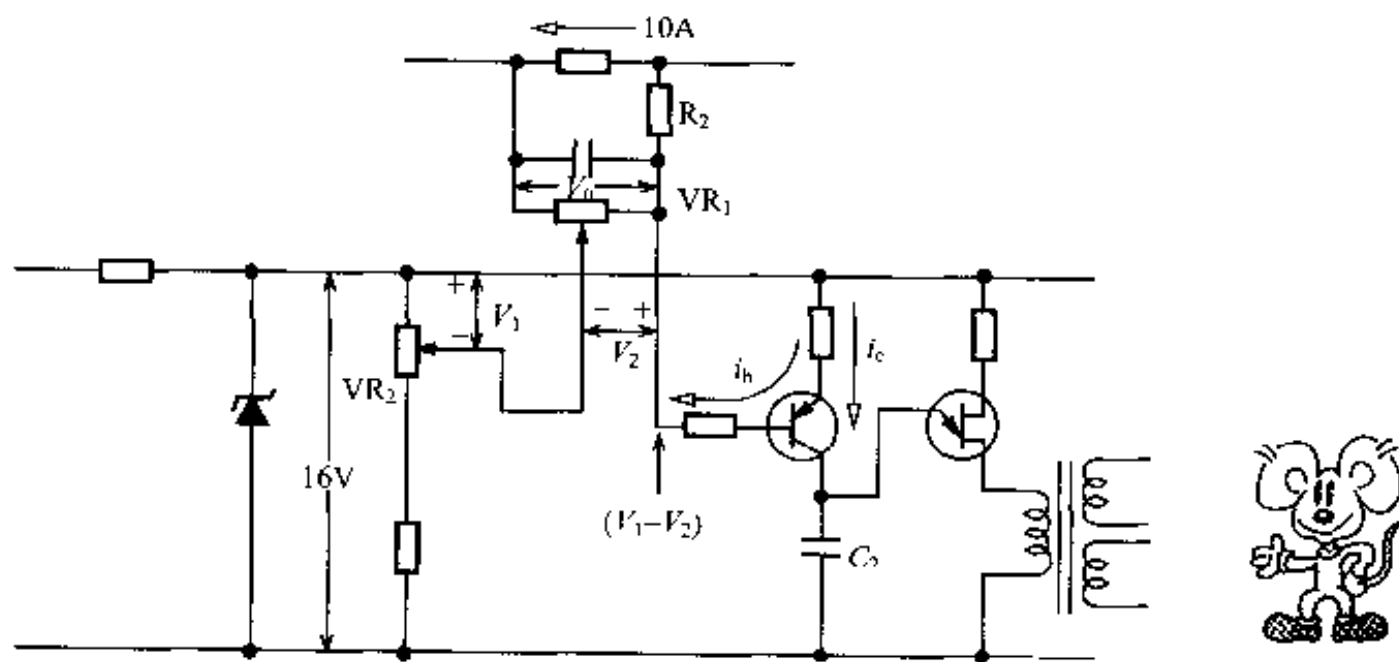


图 9 实用的控制电路

电压 V_0 。如果电阻是 0.1Ω , 则 V_0 为:

$$10(\text{A}) \times 0.1(\Omega) = 1(\text{V})$$

在 10A 下 V_0 是 1V, 因此, 在 1A 下就是 0.1V。将该电压用电容平滑滤波, 再用 VR_1 适当的分割电压, 取出电压 V_2 。将 V_2 串联连接在晶体管的基极上, 结果是从 V_1 以除法运算的形式流出电流 i_b 。

VR_2 是电流设定用, 虽然规定了 V_1 就有电流 i_b 流过, 使 i_c 流过就能决定振荡电路的位相, 施加触发充电电流流过, 则产生 V_2 , 从 V_1 作除法运算, 使相位延迟充电电流下降。预先将 V_1 和 V_2 设定适当的比例, 其结果是能够在某一电流值下达到平衡。

设定了 V_1 并固定下来, 改变充电电流时, 例如, 使电流下降 V_2 就变小, i_b 增大 i_c 就增大, 相位加快则使充电电流增大。反之亦然, 由 V_1 和 V_2 的决定方法和晶体管的 H_{FE} 决定某一放大率, 在放大率很大的情况下, 理应能够保持恒定电流。

运转, 调整

(1) 该装置的调整方法是, 大体将 VR_1 设定在中间附近开始运转, 观察一下保持恒定电流的情况, 就能立刻找到合适的值。不明白的时候, 将它设在中间值就可以。

(2) 观察晶闸管触发的方法

① 将④去掉运转一下试试看——虽然成了半波整流, 但是电流能流通。

② 去掉⑤, 连接上④, 再运转一下试试看——同样也是半波整流, 但是电流能流通。

如果是上述情况则运转正常, 当某一方没有施加触发时, 脉冲变压器的输出的相位相反。例如, 去掉⑤仅仅④运转时, 在不施加触发的时候, 使红和绿线反转。

(3) 观察变压器和晶闸管模块的发热情况, 检查结构是否合适, 没有问题即调整完毕。

5

5V/2A开关式稳压电源 (使用 $\mu A723$)的制作方法

通用的稳压控制用IC $\mu A723$ 正在普及,这里介绍使用 $\mu A723$ 制作开关式电源.

[规格]

输入 AC100V通过变压器使之成为16V

输出 DC5V 2A (3~6V可变)

稳定度 负载电流在0~2A间变化时电压变化 $\pm 0.1V$ 程度

电路方式的要点

开关方式的特点是控制用功率晶体管的发热量小,这一点读者应该清楚.举例来说,即使我们现在制作的5V,2A程度的稳压电源,在已有的串联控制方式中,必须使用有数十瓦散热能力的散热器,而采用开关方式仅用数瓦的散热器就足够了(参见图1)。

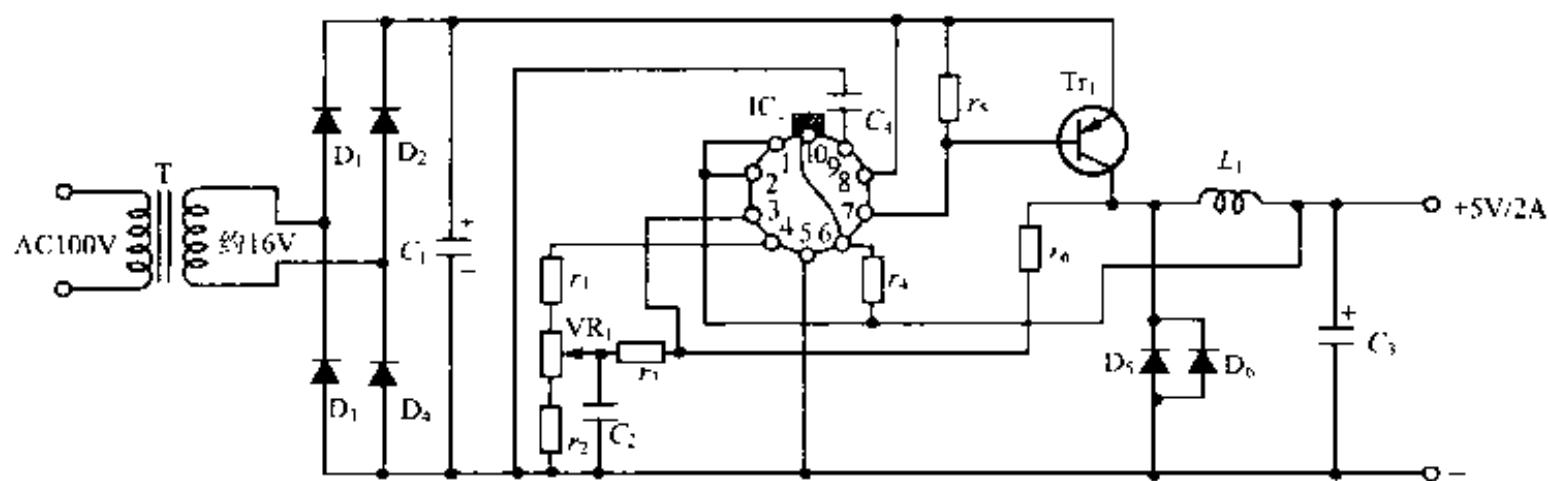


图1 开关式稳压电源的电路图

由于 $\mu A723$ 是作为串联控制用稳压电源用IC而制作的产品,不是以开关为目的制作的产品,因而它不能与作为一般商品而制作的开关电源进行比较.

它的优点是电路简单制作容易。

图 2 示出包含 $\mu A723$ 内部结构的电路图,这仅是原理图,不是制作用的电

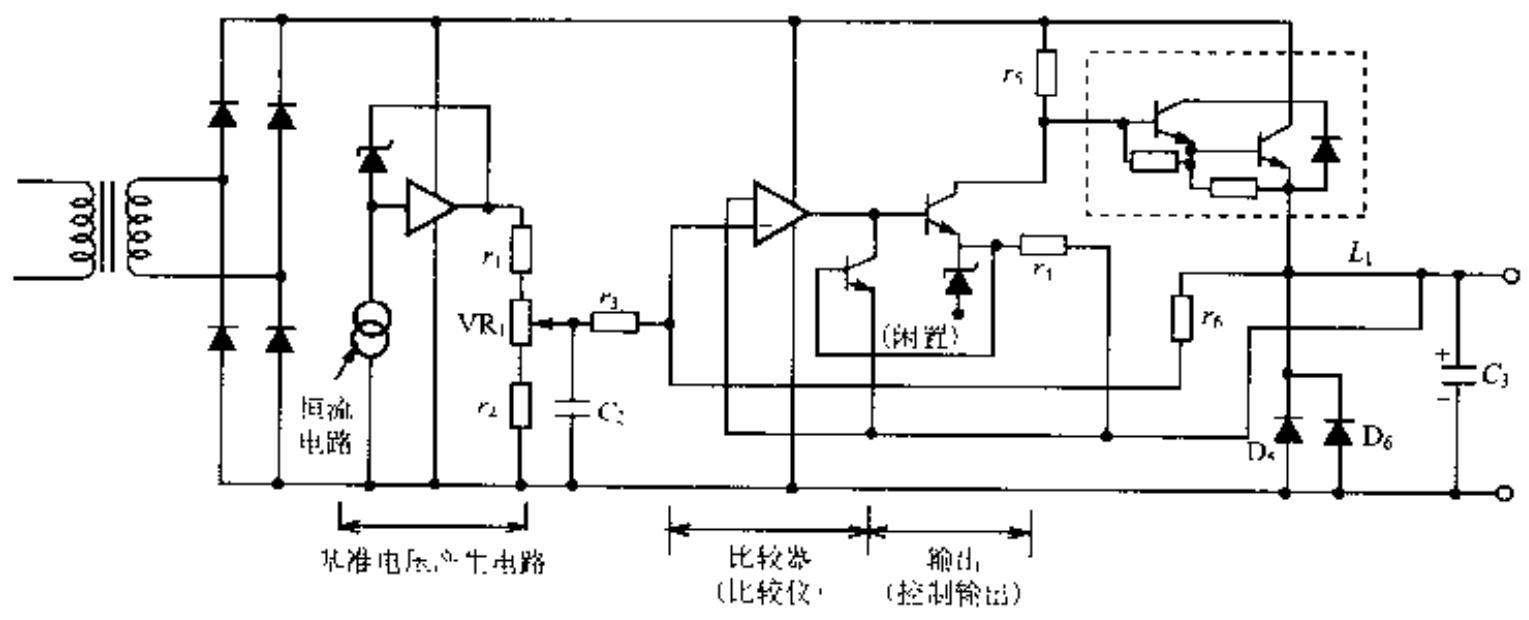


图 2 原理图

部 件	
IC ₁	$\mu A723$ 最好是金属密封型 10 根管脚的产品
T _{r1}	2SB673 100V/7A 达林顿连接,相当的产品也可以
D ₁ ~ D ₄	硅整流器 100V 2A 的通用品
D ₅ , D ₆	1S2757 500V/1A 高速用(快速恢复),由于仅使用 1 个电流不足所以将 2 个并联,相当产品也可以
C ₁	1000 μ F/16V,470 μ F 也可以
C ₂	0.1 μ F 薄膜,聚酯薄膜等
C ₃	470 μ F/16V,200 μ F 也可以
C ₄	10pF 陶瓷,在 10~20pF 范围都可以
r ₁	600 Ω
r ₂ , r ₅	3k Ω
r ₃	1k Ω
r ₄	50 Ω
r ₆	1M Ω
VR ₁	10k Ω B 型电位器
L ₁	约 1~1.5mH(参照本文)
T	100V/16V 1~2A 程度的变压器,不是 16V 也可以(15~20V 左右)

// 第2章 电力电子技术入门

路图。制作时要用图1所示电路。

$\mu A723$ 的内部由基准电压产生电路、比较器(比较仪)和输出用晶体管构成。如图2所示晶体管 2SB673 内部为达林顿连接。

开关的振荡是将 L_1 上产生的脉冲(开关的脉冲)通过 r_6 的 $1M\Omega$ 电阻,施加在比较仪的+输入(非反转输入)上,提供正反馈使之振荡。

实际上,开关的脉冲波由 r_3, C_2 的积分电路变换成三角波,与基准电压合成,施加到“+”输入端上,在“-”输入端施加输出电压,在这里进行比较,并控制开关输出的脉冲宽度。

L_1 的值影响振荡频率。大体设定在 $1\sim 1.5mH$ 左右时,振荡频率大约是 $20kHz$ 左右。

实物布线图

参见图4。

印制电路板

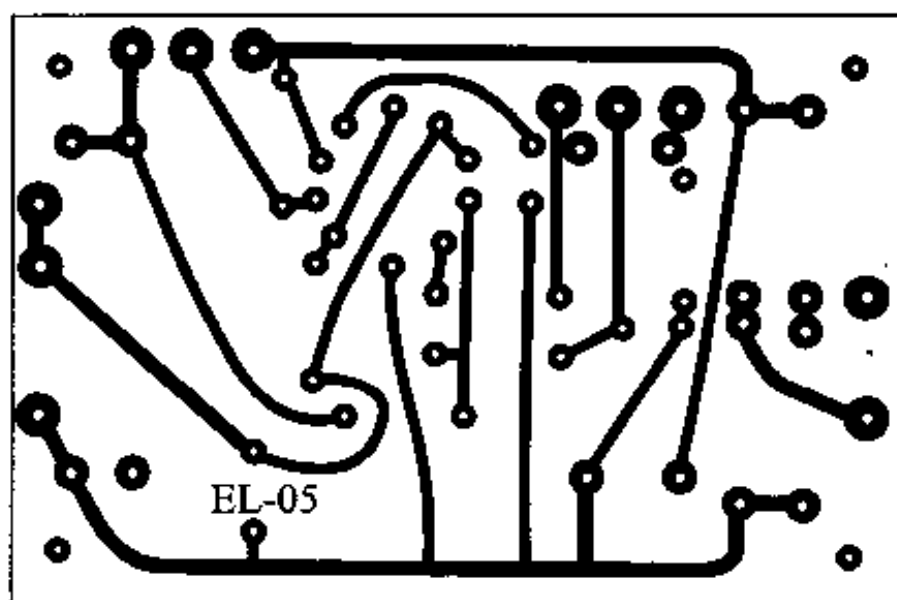


图3 印制电路板图(原尺寸大小)

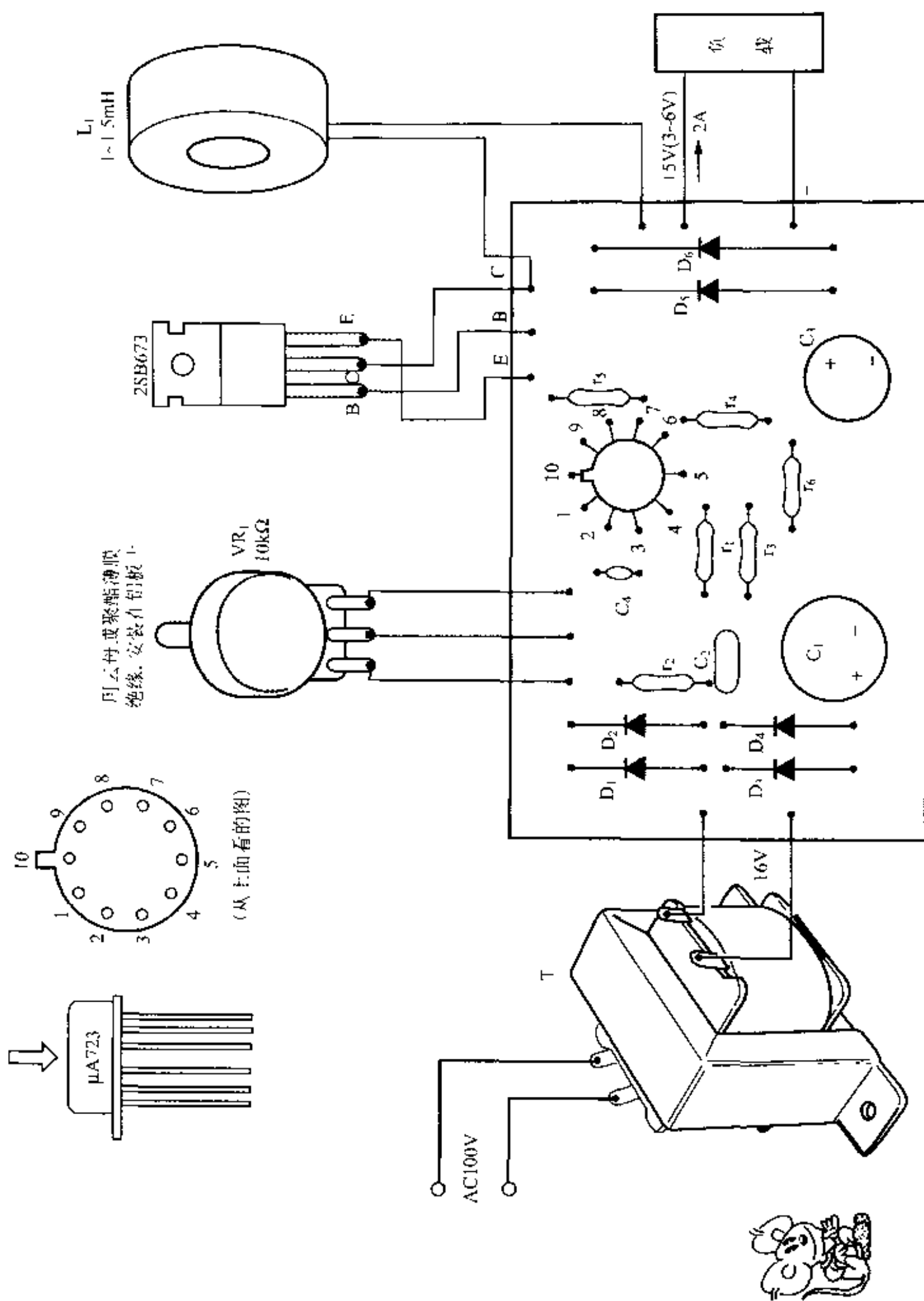


图 4 实物布线图

制作方法要点

(1) 晶体管的散热板

由于晶体管 2SB673 在负载电流为 2A 时产生数瓦的热量,需安装在最低限度 5cm×10cm×1.5cm 厚的铝板上。当然,使用散热器更好,但是从实验角度看以容易观看为主。

(2) L_1 的制作方法

当制作开关电流的时候,最成问题的是扼流线圈 L_1 的制作方法,由它决定性能。一般情况下,是用铁氧体磁芯制作 L_1 的,这里我们不用铁氧体磁芯,使用空心线圈制作 L_1 。 L_1 制作成图 5 的形式。

最简单的方法是制作绕线线圈,不管使用什么方法都可以,关键是制作成环行体就可以。

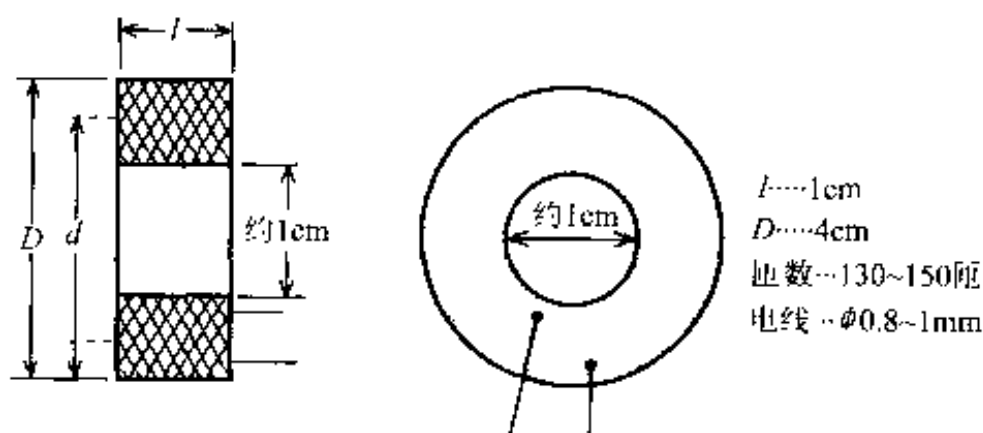


图 5 空心线圈

线圈常数大体能够用下式计算:

$$L = \frac{0.00987 \times d^2 \times n^2}{l} \times K (\mu\text{H})$$

{

$l \cdots \cdots \text{cm}$

$d \cdots \cdots \text{cm}$

$k \cdots \cdots$ 由形状决定的常数

(由 $\frac{d}{l}$ 决定) 大体是 0.5

$n \cdots \cdots$ 匝数

K 是由形状决定的常数,对于图 5 所示形状,大体是 0.5 左右。虽然在图 5 中 D 是 4cm,在计算公式中取绕线的平均值时将 d 设定为 3.5cm 左右。用匝数为 130 匝计算,则

$$L = \frac{0.00987 \times 3.5^2 \times 130^2 \times 0.5}{1(\text{cm})} \approx 1.022 (\mu\text{H}) \approx 1.02 (\text{mH}) \approx 1$$

(mH)

用各种各样的匝数制作 L_1 时,就尺寸来说,直径 d 大,厚度 l 小的时候 mH 数变大。直径和匝数以平方有效,请下些工夫,制作各种常数的线圈。

如果能得到铁氧体磁芯,也请使用一下试试看。



试运转

(1) 最初在无负载的情况下进行实验。

接通电源,用万用表确定输出电压。如果改变 VR_1 则电压在 3~6V 左右变化就为正常。

(2) 接上负载试试看。

将输出电压预先设在 5V。如果连接的负载是 5Ω (10~20W 的电阻)则电流为 1A,连接负载若是 2.5Ω 则电流为 2A。

用万用表一边测量电压,一边连接、断开 5Ω 电阻,然后再连接、断开 2.5Ω 电阻试试看。确认 5V 电压的变动程度。

当万用表的指示看不出变化就属正常。

(3) 用同步示波器确认输出电压的纹波是什么程度。如果在 10mV 左右属正常。

(4) 观察振荡频率和脉冲宽度的控制情况。用同步示波器观看扼流线圈 L_1 的两端就能知道。改变负载试试看,大约是 20kHz 左右。

(5) 温度实验

将负载设定在 1A 或者 2A,进行长时间运转。看看在什么地方,发生了怎样程度的热,如果有不合适的地方,就要采取相应对策。

经上述过程就完成了试运转。以此为基础可以开始实用品的设计。

(6) 在实用品的设计中,最重要的是设计问题。不要说商品,就是自己使用的实用品也要求使用方便,最好用自己去购物时的心态来完成自己的设计。



6

4~13V/2A开关式稳压电源 (使用SG3524)的制作方法

作为开关电源用的IC SG3524正在普及之中,各厂家也发售了可以替换的相应产品(例如TA76524P),都是容易得到的廉价IC.使用这种IC制作电源。

电路图及其要点

原理上说,与前面使用 $\mu A723$ 的方式几乎相同.在使用SG3524的情况下,振荡频率被 C_3 和 r_4 固定为定值(参见图1)。

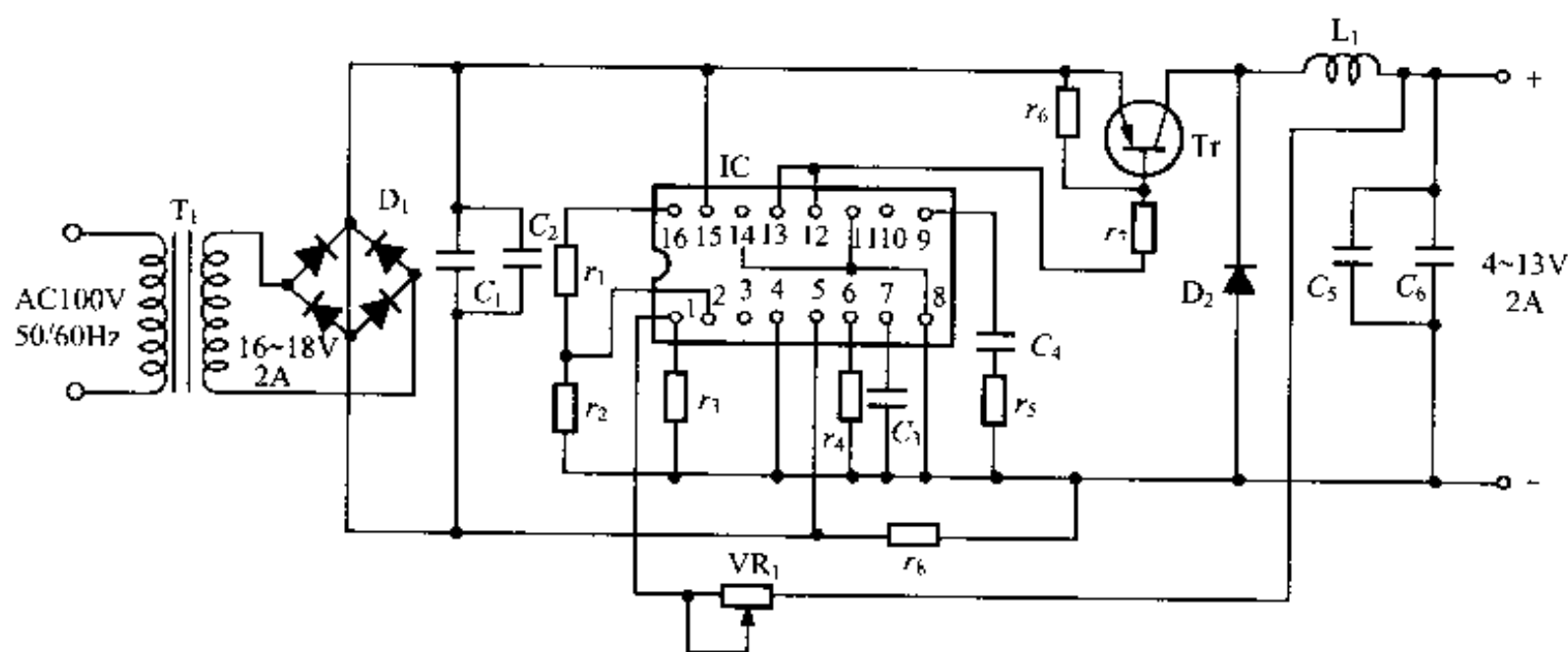


图1 开关式稳压电源的电路图

虽然输出电压的变化由 VR_1 10k Ω 完成,但是,如果变更 r_1 (1~5k Ω 之间)时可变范围将发生变化。根据你的实验目的决定可变范围。在该例中可变范围是4~13V。 r_8 是电流限制电阻,将 r_8 设定为0.15 Ω 时,电流被限制在1A。改变 r_8 的电阻值,被限制电流值将发生变化,也可根据实验目的决定。 C_1 , r_5 是防止振荡用的。

IC 的管脚 3 和 10 被闲置,在电流关闭电路中,没有使用它。 L_1 虽然可以像前面的例子那样用空心线圈制成,这里,如图 2 所示,使用在零部件商店出售的线路滤波器用的环状铁氧体磁芯制作。

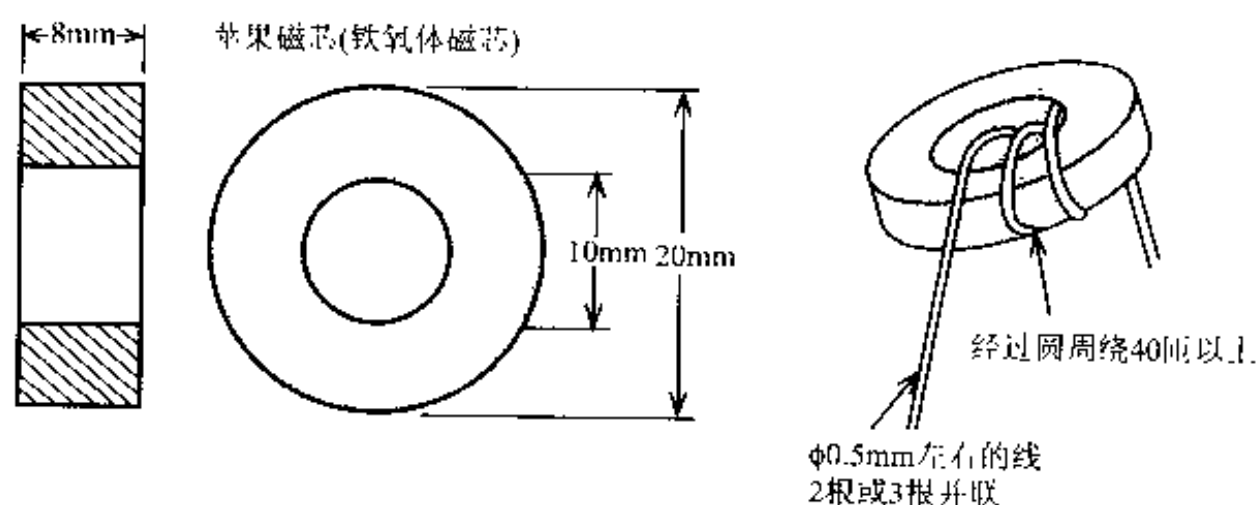


图 2 L_1 的制作方法

部 件	
IC	SG3524(相当产品也可以,TA76524 等)
Tr	2SB849 120V/7A,类似 HFE80 的相应产品也可以
D ₁	最好是硅整流器 2~3A 的全波整流桥
D ₂	IS2757 等 1~2A 高速用硅整流器,相当产品也可以
r ₁	1.2k Ω 1/4W
r ₂	4.7 k Ω 1/4W
r ₃	4.7 k Ω 1/4W
r ₄	3 k Ω 1/4W (3~6k Ω 决定振荡频率) (约 3k Ω ...35kHz,6k Ω ...20kHz)
r ₅	30k Ω 1/4W
r ₆	500 Ω 1/4W
r ₇	500 Ω 1/4W
C ₁	1000 μ F/25V
C ₂ ,C ₅	0.1 μ F/50V
C ₃	0.01 μ F/50V(决定振荡频率)
C ₄	0.01 μ F/50V
C ₆	470 μ F/16V
VR ₁	10k Ω
T ₁	AC100V/AC16~18V 2A 程度的适当的产品
L ₁	600 μ H 程度的产品(参照正文)
r ₈	0.1~0.15 Ω (用电阻线或者镍铬合金线制作。能耐 2A 电流)

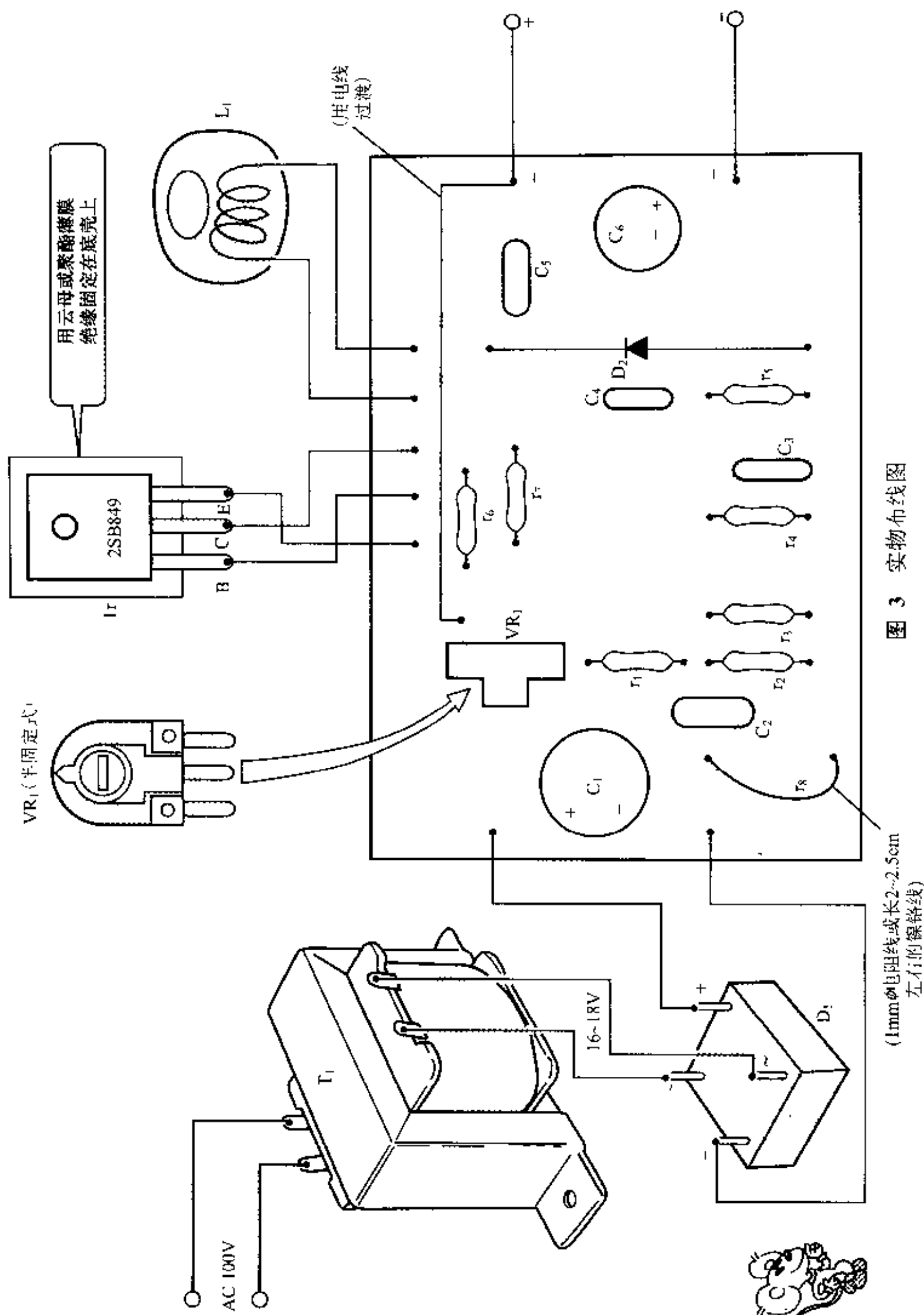


图3 实物布线图

并不知道该图中的铁氧体磁芯的材质等,重要的是如果有适当的磁芯绕40~50匝使用一下试试看就可以了。

在图2中,能耐2A的导线是用0.5 ϕ 的导线3根并列绕成的。由于用粗线难绕所以才用细线并列绕成。对于实装训练很有价值。

实物布线图

参见图3。

印制电路板

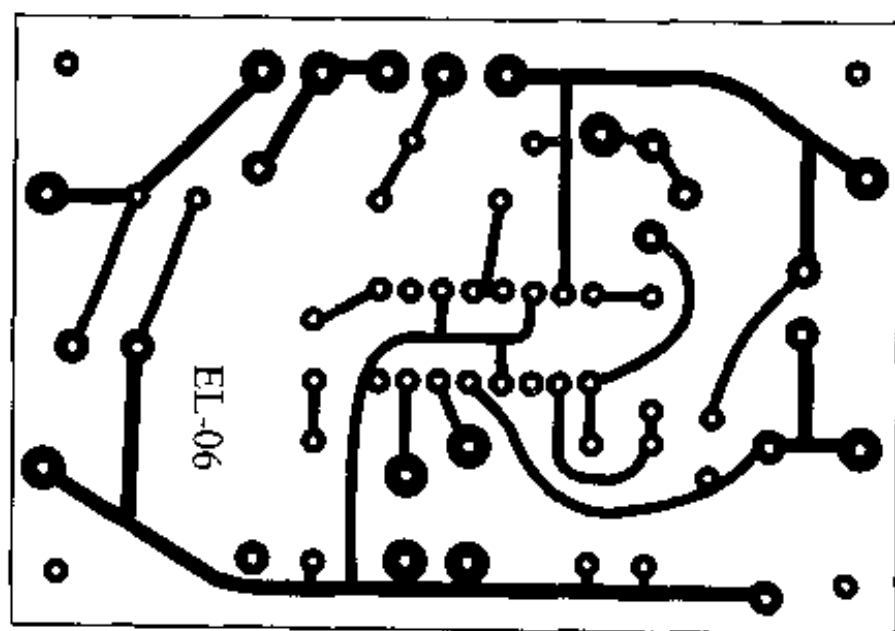


图4 印制电路板图

试运转

试运转时需作如下调整:

(1) 变更频率试试看。在1~10k Ω 的范围内变更 r_1 。当然, C_3 也有影响,也可以改变一下 C_3 试试看。

(2) 变更 L_1 试试看。制作时更换各种各样值的 L_1 试试看很有价值。

(3) 决定电压的可变范围。变更 r_1 试试看。

(4) 研究限制电流的方法,调整 r_8 。

在输出5V下,如果是5 Ω 的负载,有1A的电流流通。进而,再并联5 Ω 电阻,电流则成为2A,看到这时的情况,就明白调整的方法了。

(5) 分析各部的温度,如果有不合适的地方立即采取对策。

(6) 分析一下输出侧的电压变动、纹波等。

最后,应研究作为实用装置的设计方法。



从电路图到制作印刷电路板图的技术十分重要

如果经过一定的训练确实能够成为印刷电路板腐蚀工作的高手,不久就能够制作印制板了,这时,重要的是要知道原来的图是什么样的?

如果图与目的电路不匹配,即使制作出再漂亮的印刷电路板,电路也不能正常的工作。当然,制作正确的印刷电路板图是在动手制作之前就存在的重要的课题。

在本书中,同时示出了电路图和印刷电路板图。可将它作为如何将电路图转变为印刷电路板图的一个样本仔细看看。

最初,先从模仿这些方法开始,拓展自己的能力,然后,再作为自己独有的技术能力不断发展下去。

7

5V/5A开关电源的
制作方法

[规格]

输入 AC100V 50Hz/60Hz (AC100V直接整流方式)

输出 DC5V/5A 但是,输出电压2~12V可变

输出电流5A,如果考虑到晶体管、整流器,有可能达到20A程度

开关电源及其电路

众所周知,现在在市场上正由一些专门的厂家大量出售将 AC100V 直接整流的开关电源,这种电源正在广泛普及中。

在这里,我们不是要和这些优秀的已经完成的商品争胜负,而是从了解这些优秀的商品是经过怎样的辛苦才制作成功的思想出发,研究制作类似的东西。

但是,即使现在,因想做一个实验而去看专门厂家的商品,并要以其作为参考时,首先也会陷入寻找部件的困境。

○ 高频变压器 ○ 高压晶体管 ○ 扼流线圈

○ 平滑滤波用大容量电容器 ○ 高速整流器

等类似的产品,如果你中意就可以买到,但是,是否真的适合你用却没有保证。

其次,是不了解电路方式。假如,你认真地分析了专门厂家的商品,即使你了解了电路的连接也不一定制作合适的部件,结果仍然是难于处理。你必须考虑到专门厂家的产品关系企业的生命,其中必定隐藏着许多技术秘密,用简单的实验工作能力即使想与之对抗,也是实力悬殊不成对手的,这一点是必须首先觉悟到。

虽说因为害怕还没有动手,但是,仍想制作一个试试看,那就用图 1 所示电路。

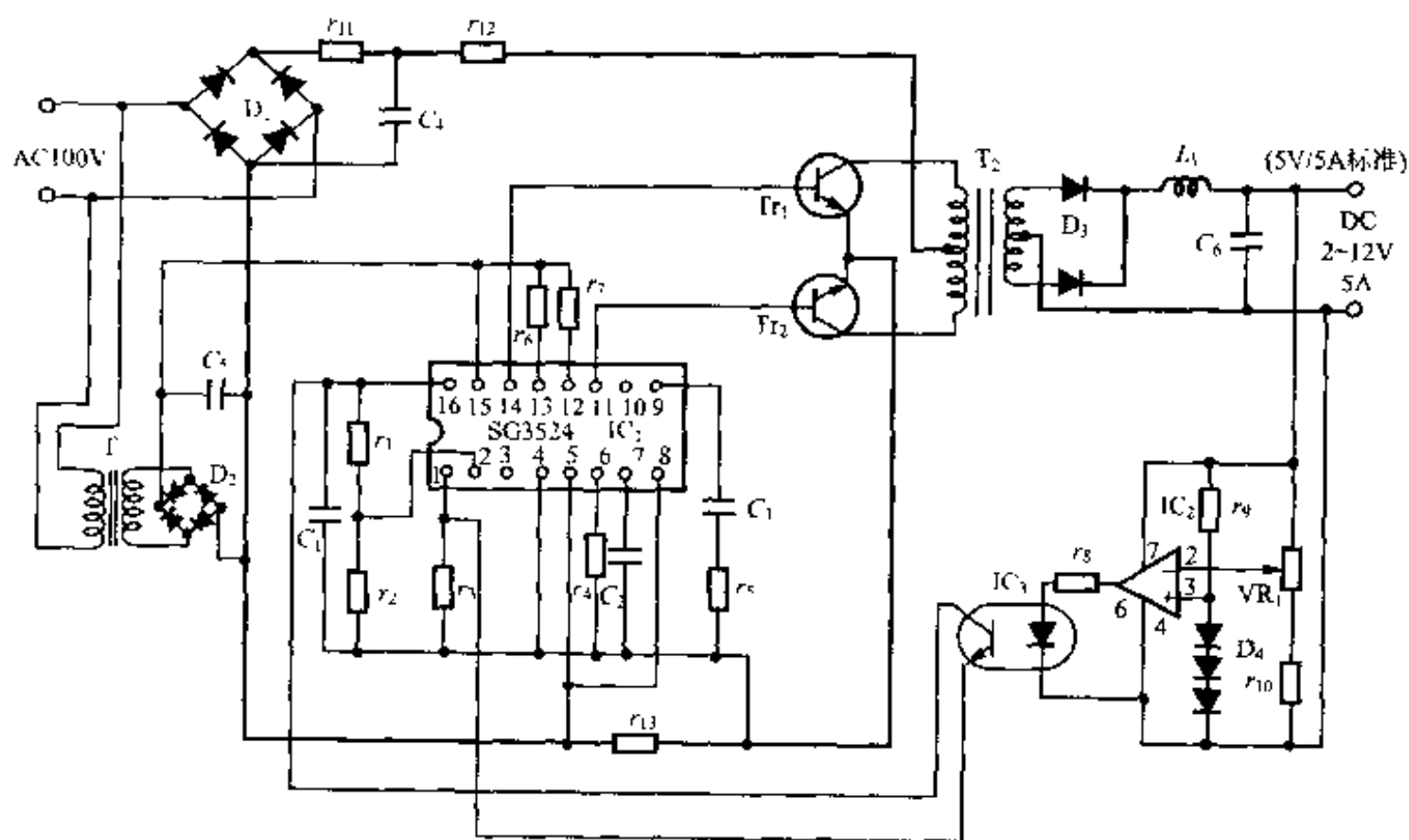


图1 开关电源的电路图

电路方式的要点

该电路方式是使用通用的开关电源用 IC SG3524 的基本电路方式,是厂家的资料、专业书籍中介绍的方式。

将 AC100V 直接整流,整流后用高压晶体管进行开关,在高频变压器中,与 AC100V 绝缘地从次级一侧取出它的输出,用高速二极管整流取出它的直流输出,为了控制它为恒定电压,需要绝缘地向开关电路传送控制信号,为此采用的是使用光电耦合器制作控制环路的方法。

原理上说,由于使用了具有优秀性能的专用 IC,即使不了解 IC 的内部结构,按该电路图组装,大体上也能够开始实验。

电路的要点

图2是参考厂家的资料绘制的 SG3524 内部结构的要点,在其周围组装外部电路。

(1) SG3524 的电源低于 40V,可施加 20~30V 左右的电压。

为了制作该 20V 的电压,虽然可用电阻和稳压二极管(定电压二极管)从

部 件

IC ₁	SG3524 或者相当产品(例如:TA76524P 等)
IC ₂	运算放大器 IC, 在低电压下工作的 IC(例如:TA75254(东芝))
IC ₃	光电耦合, 尽量使用组装了达林顿晶体管的产品, 在该例子中使用的是通用品 TPL521(东芝)
D ₁	AC100V 整流用, 600V/1A 程度的硅整流器 4 个, 在通用品中类似的产品无论哪种都可以
D ₂	AC20V/0.1A 整流用, 可以是通用品
D ₃	高速用 5A/100V(例如:5BL2C41(东芝), S5KC2D(新电元))等由各厂家出品的各种相应产品。如果是相应产品哪一种都可以。如果能够得到 10A、20A 的产品更好
D ₄	通用的硅二极管, 通用品, 哪一种都可以, 4 个串联
Tr ₁ , Tr ₂	高耐压功率晶体管(例如:2SC2553 500V/5A), 如果是类似品、相当产品那一种都可以
r ₁ , r ₂ , r ₃	4.7k Ω 1/4W
r ₄	3.3k Ω 1/4W, 决定频率用电阻
r ₅	22k Ω 1/1W
r ₆ , r ₇ , r ₈	680 Ω 1/1W
r ₉	10k Ω 1/4W
r ₁₀	1.2k Ω 1/4W
r ₁₁ , r ₁₂	约 5 Ω 10W, 也可以用电阻线卷绕制作
r ₁₃	约 0.1 Ω 耐 1A 电流, 用电阻线制作就可以
C ₁	0.1 μ F /50V
C ₂	0.01 μ F /50V, 决定振荡频率用电容器
C ₃	0.01 μ F /50V
C ₄	220 μ F /160V
C ₅	100 μ F /50V
C ₆	2200~3300 μ F /16V
T ₁	小型变压器 100V/20V 0.1A 也可以是类似品, 次级是 18~22V 程度
T ₂	参照正文, 在这里使用稍大一些的 E150, H5A, E140 也可以
L ₁	100 μ H 程度, 参照正文
VR ₁	10k Ω 印刷电路板安装用

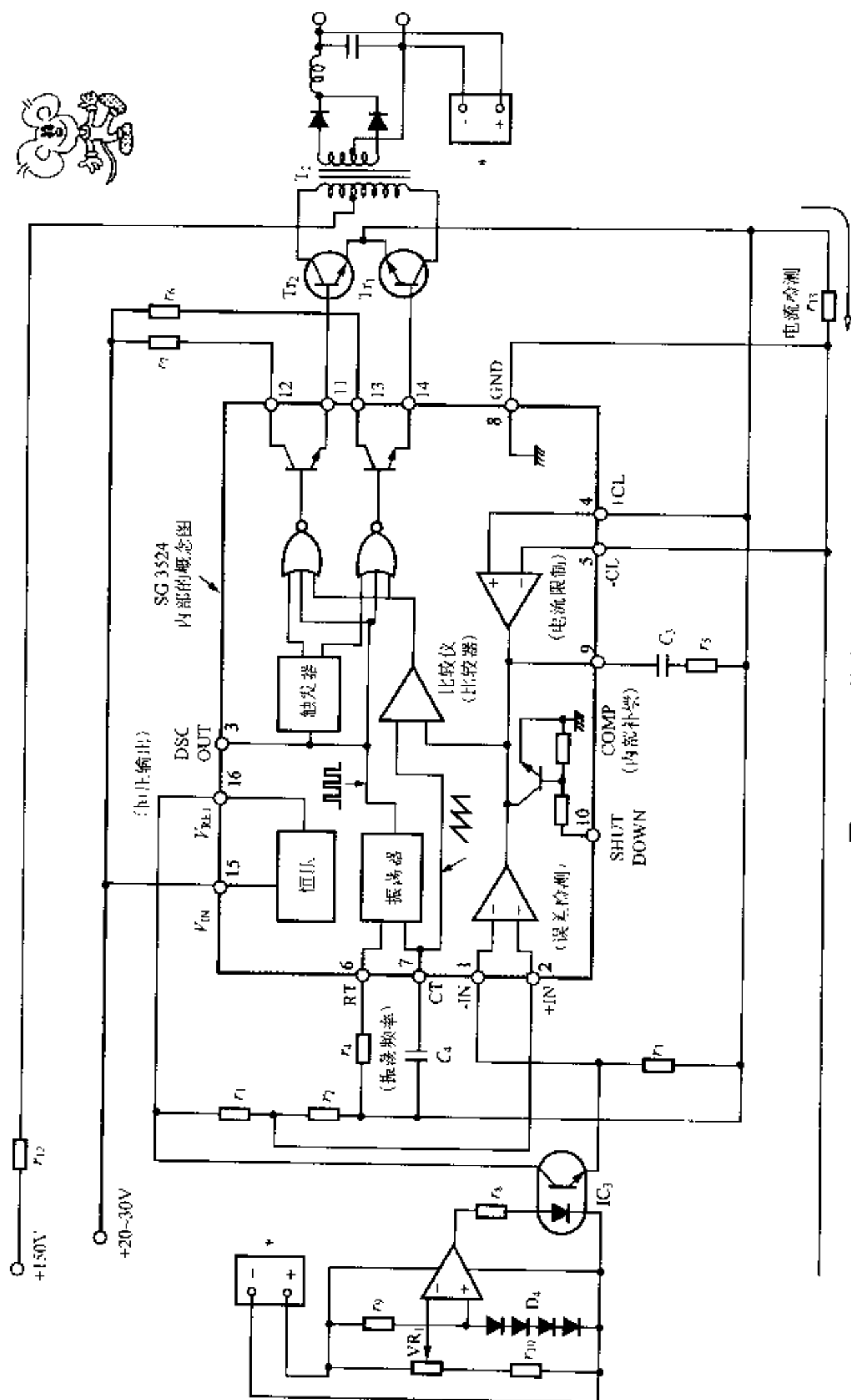


图 2 SG3524的内部结构和外部电路

150V(整流 AC100V 的基本电压)开始制作,但由于电阻发热量大,这里决定使用小型变压器。该 20~30V 的电压没有必要设定为恒定电压。

(2) 在 IC 的 16 管脚,在 V_{REF} 上输出约 5V 的恒定电压。将其作为基准电压。

(3) 将电阻和电容器安装在管脚 6、7 上决定频率。

用同步示波器观察管脚 7 的波形时,可看到锯齿波形。由此就知道了频率,大体是 20~30kHz 左右。

(4) 管脚 1 是反馈输入,在这里施加输出电压制作控制环路,由于主电源是将 AC100V 直接整流得到的,为了绝缘使用了光电耦合器。将施加在管脚 1 上的电压和管脚 2 上的恒定电压的 1/2(约 2.5V)进行比较。

当管脚 1 的电压比管脚 2 的电压小时,脉冲宽度变大,输出电压上升。反之,当管脚 1 的电压比管脚 2 的电压大时,脉冲宽度变小,输出电压降低。

(5) 管脚 5、4 是限制电流用的,检测出在图中 $r_{13} \approx 0.1\Omega$ 电阻上发生的电压,目的是降低脉冲宽度。

(6) 虽然由图可明白管脚 9 上的电阻和电容器的连接位置,但因它是作为防止异常振荡用的,所以还不知道合适的值。预先设定大体为 $0.01\mu\text{F}$ 和 $22\text{k}\Omega$ 。

(7) D_4 是 4 个二极管串联而成,用 4 个的目的是为制作 2V 的恒定电压。在硅二极管上流过电流时,就发生与电流无关的 0.5V 的电压,所以才使用它。

(8) IC 的管脚 10 和 3 没有使用,闲置着。

高频变压器 T_2 的制作方法

在开关电源中最困难的部件是高频变压器。

关于高频变压器的铁氧体磁芯的材质,最近介绍使用 H7C1, PQ 磁芯的例子很多。作为用于开关电源而制作的高频变压器特性确实优秀,但是,也有不能立刻得到的情况,如果能得到的话即可用它,当不能得到时,应该使用容易得到的材料自己动手制作试试看。这里,使用过去一直使用的 H5A 材料进行制作试试看。

这里虽然使用了 E150,但从容量看 E140 就已足够。决定采取具有充足卷线空间的大的磁芯。如图 3 所示,使用 E150, H5A 进行设计试试看。

首先,制作坚固的绕线架。虽然有专用的绕线架在出售,但是材质太弱,为了卷粗的线,还是自己制作坚固的绕线架为好。

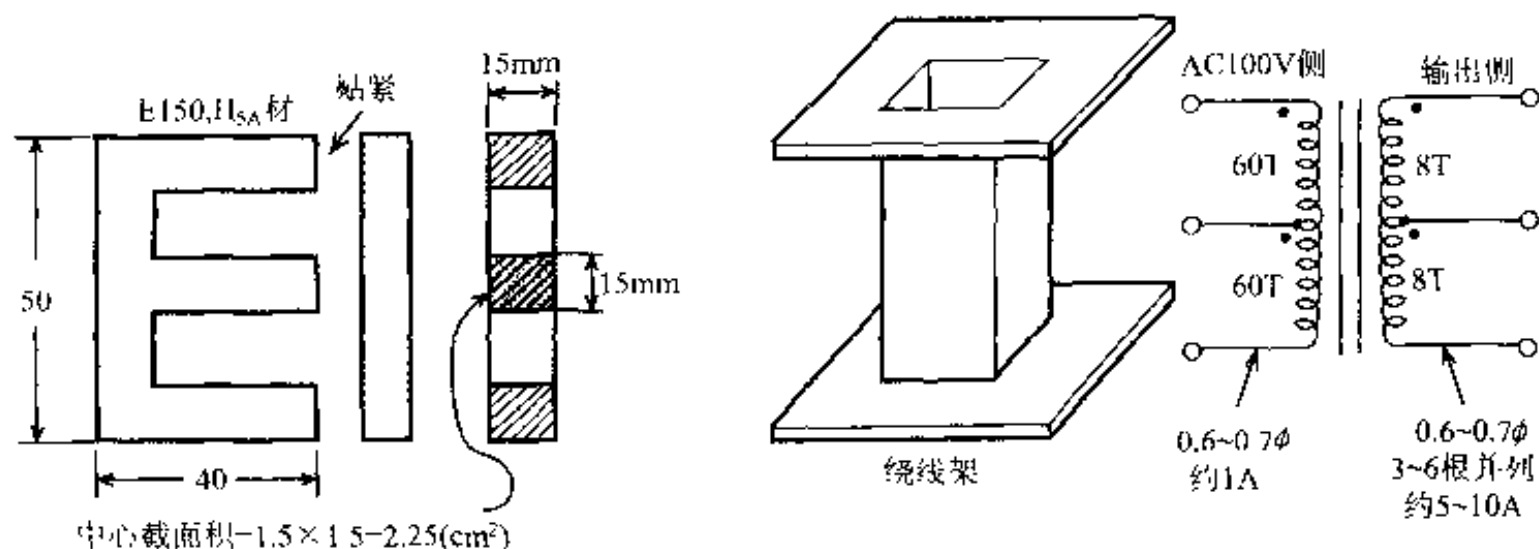


图 3 高频变压器

• 初级线圈匝数的计算

$$N = \frac{V \times 10^8}{4fBA}$$
 其中, V 为初级电压, 设为 150V ; f 设为 20kHz ; B 为磁束密度,

H_{5A} 材料设为 $0.15T(1500s)$ (H_{5A} 材料是 TDK 的商品名), 类似品也可以 ($0.15T$ 是不饱和范围的值) A 为磁芯中心的截面积, $2.25cm^2$ 。

$$\text{初级线圈匝数} = \frac{1}{4} \times \frac{20 \times 10^3}{10^3} \times \frac{150 \times 10^8}{1500 \times 2.25} = 55.55 \approx 60 (\text{匝})$$

• 次级线圈匝数的计算

在次级,以大体取出 12V 为立足点来考虑次级的整流器、扼流线圈的降压,计算时是按 15V 计算的。进而,由于有 2 个 5Ω 的串联电阻,再加上晶体管上的降压,初级的实际电压宜按 120V 左右进行计算。

$$\text{次级线圈匝数} = 60 \times \frac{15}{120} \approx 7.5 \approx 8 (\text{匝})$$

这样的匝数是一个大体的标准,不是最佳值。可能还有些因素没有考虑到,采用逐步逼近法,用各种各样的匝数进行实验为好。

• 绕线的粗细

在初级,只要是能够耐 1A 的电线就好,虽然在次级可以用 5A 或者因某种目的需要 10A 的电线卷绕,但是,与其用粗的线卷绕不如用 $\phi 0.5 \sim 0.6$ 的电线几根(3~6 根)捆起来并列卷绕工作更容易。而且,由于是高频,存在趋肤效应,与 1 根的单线相比将细的线捆起来更有利。如果是 E150 可以用手很简单地卷绕,如果是 E140 一旦不能很好地卷绕时,就不能容纳下这么多的电线,这要看试制者的能力了。其结果是,为了使用小的磁芯,卷线匝数必须少,如计算式中所说明的频率高和磁束密度大这两点由磁芯的材质决定。

扼流线圈的制作方法

如图 4 所示,在环状的铁氧体磁芯上沿圆周方向并列卷绕能耐输出电流的 $\phi 0.5 \sim 0.6$ 的电线 3~6 根。虽然这里卷绕了 18 匝,但是最好是能绕多少匝就继续绕下去。虽然不明白到底能达到多少亨利了,关键是有了适当的线圈就好。

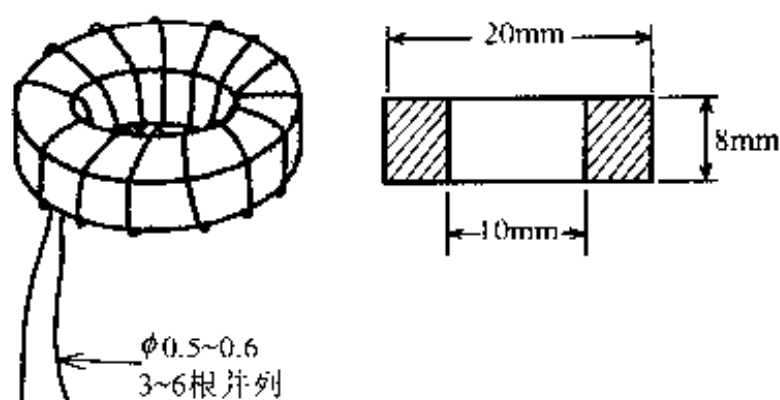


图 4 扼流线圈的制作方法

制作方法

图 5 是印制电路板图,图 6 是印制电路板的配置图和外部部件的连接图。在图 6 中,虽然功率晶体管 Tr_1, Tr_2 和 D_3, L_1 安装在印制电路板的外部,但是,使用稍大一些的印制电路板将这些安装在电路板上也可以,制作者可自行决定。

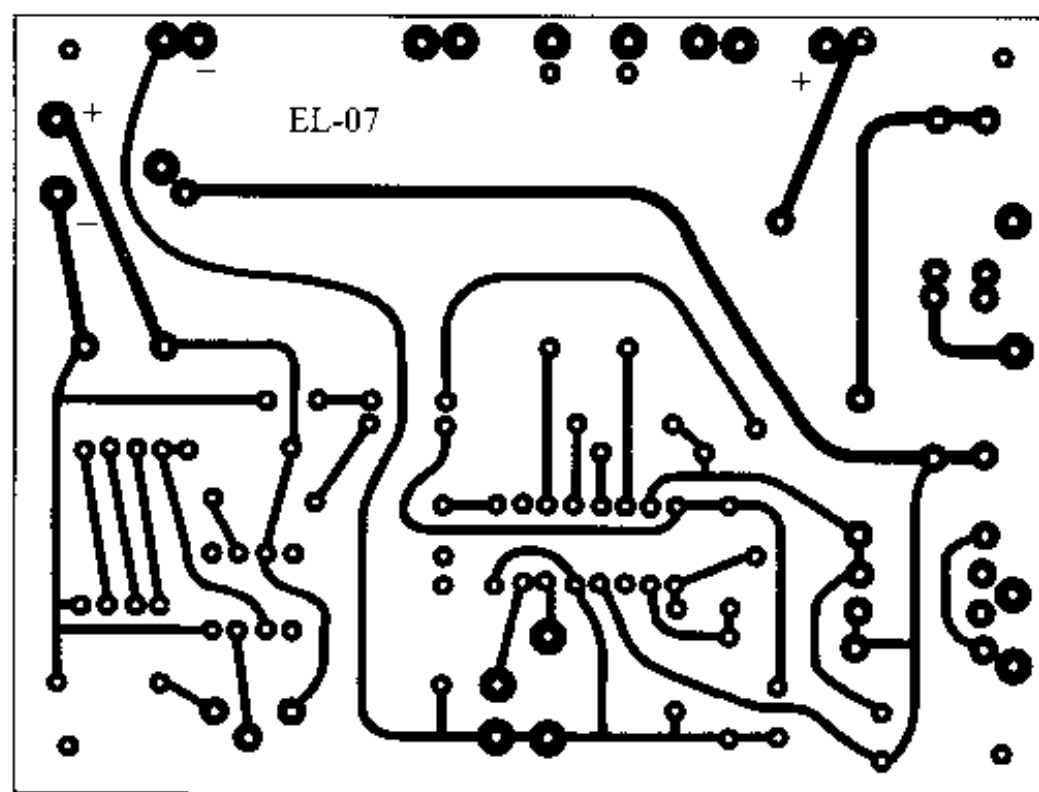


图 5 印制电路板图(原尺寸大小)

Tr_1, Tr_2 及 D_3 安装在散热用的铝板上,原则上讲以不产生大的发热为原则,没有必要用大的散热板。也可以最初使用稍大的散热板,而后进行改进。

运转、调整

(1) IC、整流器、晶体管类如果不准备数倍的个数,仅备一个是不能完成

的。常发生数个晶体管、IC 报废的情况。还有,当不小心将电源接通时,也会发生在印制电路板上起火的情况。

(2) 在将 AC100V 整流对 $200\mu\text{F}$ 的电容器充电的情况下,有必要认识它的能量大小。当反馈环路不正常的环境下,由于在 r_3 上没有施加反馈电压,IC 看作输出为零,输出最大输出脉冲宽度的信号,因 T_2 的制作方法或错误会形成短路状态。

(3) 作为准备,将 r_{11} , r_{12} 换成 $10\sim 50\Omega$ 的电阻,或者预先追加别的电阻,进而,预先将电流表加入到图中的位置。

(4) r_{11} 的目的是防止在整流 AC100V、充电 C_4 时的过冲电流。 r_{12} 的目的是防止 T_{r1} , T_{r2} 短路。

(5) 如果有滑线电阻调压器的情况会好些。开始时先以 $60\sim 70\text{V}$ 左右的电压接通电源试试看也是一种方法。如果将保护电阻加大,即使意外的直接接通 AC100V,理应没有什么问题,虽然担心也没有办法,还是下定决心接通 AC100V 吧。

观察电流表,如果有大电流(1A 附近)流过,从 T_2 发出振动音,首先必须观察控制环路是否处于正常工作状态。看输出侧是否输出数伏[特]的电压。

(6) 如果输出在 10V 左右,旋转 VR_1 也没有产生任何响应,就是 IC₂ 的运算放大器 IC₃ 的光电耦合器电路不正常。

注意:不要使电流太长时间地在 1A 附近流通。

(7) 在断开电源检查印刷电路板的时候,在 C_1 上有可能还残存着充电,首先,必须通过 $50\sim 100\Omega$ 程度的电阻使 C_4 的+、-端短路放电,在用万用表确认没有电压残存之后再进行。

(8) 费尽周折,总算使控制环路工作了,由于没有负载,电流表的指示仅有微小的振动,应该几乎是近于零。

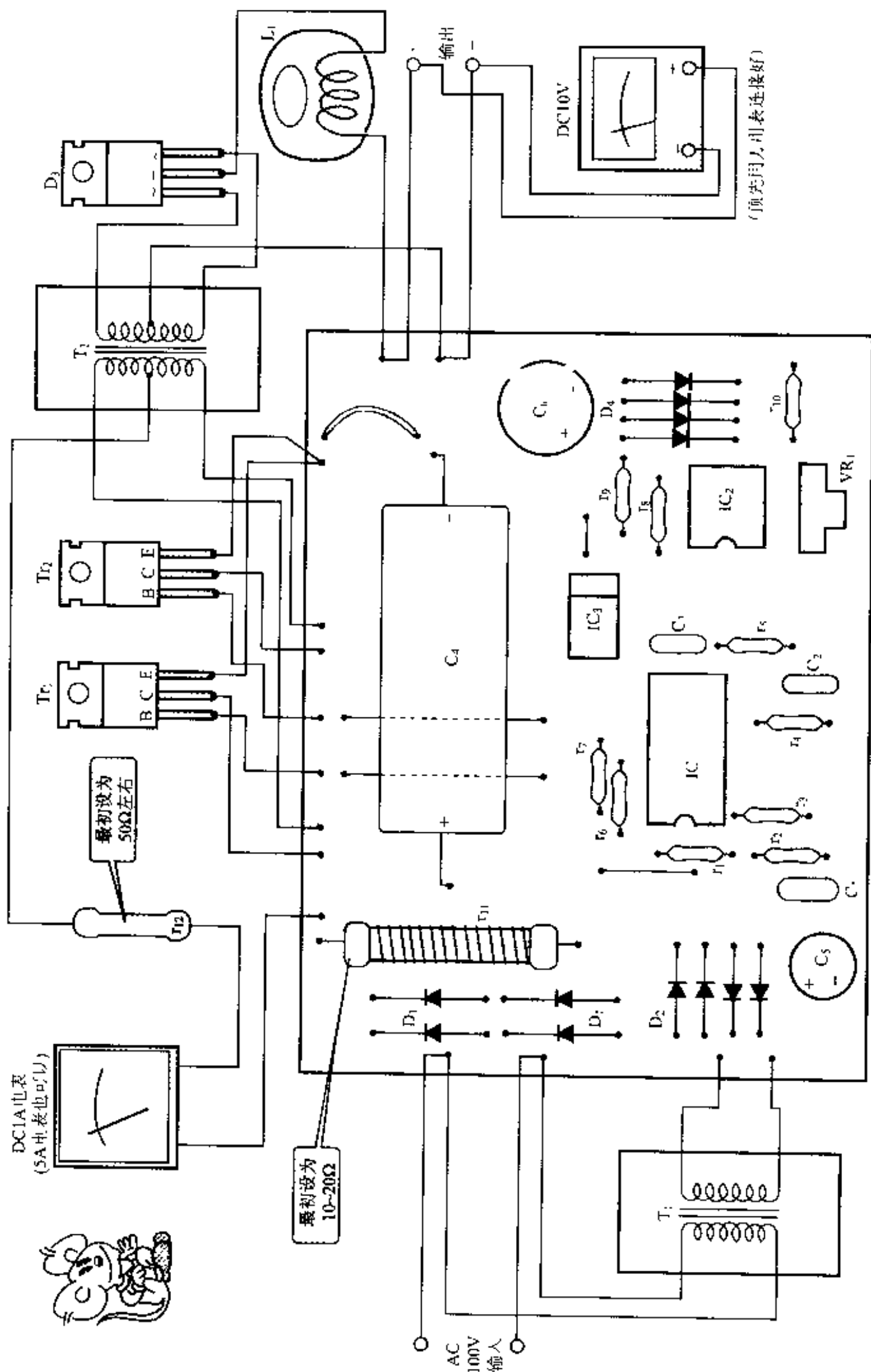
在无负载情况下,控制环路一旦正常工作,有时从 T_2 发出噪声振动。理应以控制环路的时间常数振动,为了想停止该振动音,会习惯性地 IC₁ 的外围加上大电容器,认为也许这样会变好,但是一旦断开后再接通电源时,控制环路的延迟有时会变成短路,对此,必须注意。

(9) 接通电源,使电流流通,电流表在零附近,首先如果成为稳定状态,旋转 VR_1 使电压变化。最初最好使输出电压呈 5V。若预先使输出在 5V,加上负载试试看。其结果是:

- ① 如果加上 5Ω 的电阻负载电流是 1A,
- ② 如果是 1Ω 负载电流是 5A。

逐渐增大电流试试看。如果电流表的指示相应振动就是成功了。

实物布线图



(10) 去掉加在外部的保护电阻,将 r_{11} , r_{12} 设在 5Ω 程度。电流表还是预先连接着为好。使负载电流在 $1\sim 5\text{A}$ 间产生各种变化。观察输出电压的稳定性。应该满足要求。

(11) 再并联另一个 D_3 ,或者更换别的 10A 级的整流器,能够流通更大的电流。

(12) 在数安[培]的负载下,长时间的运转试试看,检查各部位的发热情况,找出对策。

(13) 其次,变更 T_2 的匝数试试看。变更 r_4 从而变更频率试试看。

调整 r_{13} ,找出限制电流的方法。调整 VR_1 的可变范围等,还必须进行的研究问题尚有很多,如果有目的地追求更高层次的价值,今后就依靠各位自己的判断了。

8

电源转换器DC12V→AC100V 50Hz/60Hz正弦波输出 40W转换器的制作方法

制作小型电源转换器试试看,大体目标定在40W程度,如果理解了这种电路的制作方法,大型的电源转换器,例如100W或者200W都是该电路技术的外延,理应能够自行设计。

[规格]

- ① 输入: DC12V 50~120A.h的汽车用DC12V蓄电池。
- ② 输出: AC100V 50~60Hz (约30~200Hz间可变), 单相40W以下。
- ③ 输出波形: 几乎是正弦波, 在输出端调整. 用抽头变更输出电压。
- ④ 效率: 因调整方法不同而相差很大, 虽然由后面的测量来定, 但大体上能决定以下条件。无负载时的DC12V输入电流在1A以下, 如有可能希望低于0.5A。
- ⑤ 能够长时间的连续运转。

电源转换器的条件

① 效率高。由于是以电池为电源,要尽力减小无效的电力消耗,即,高效率是第一条件。

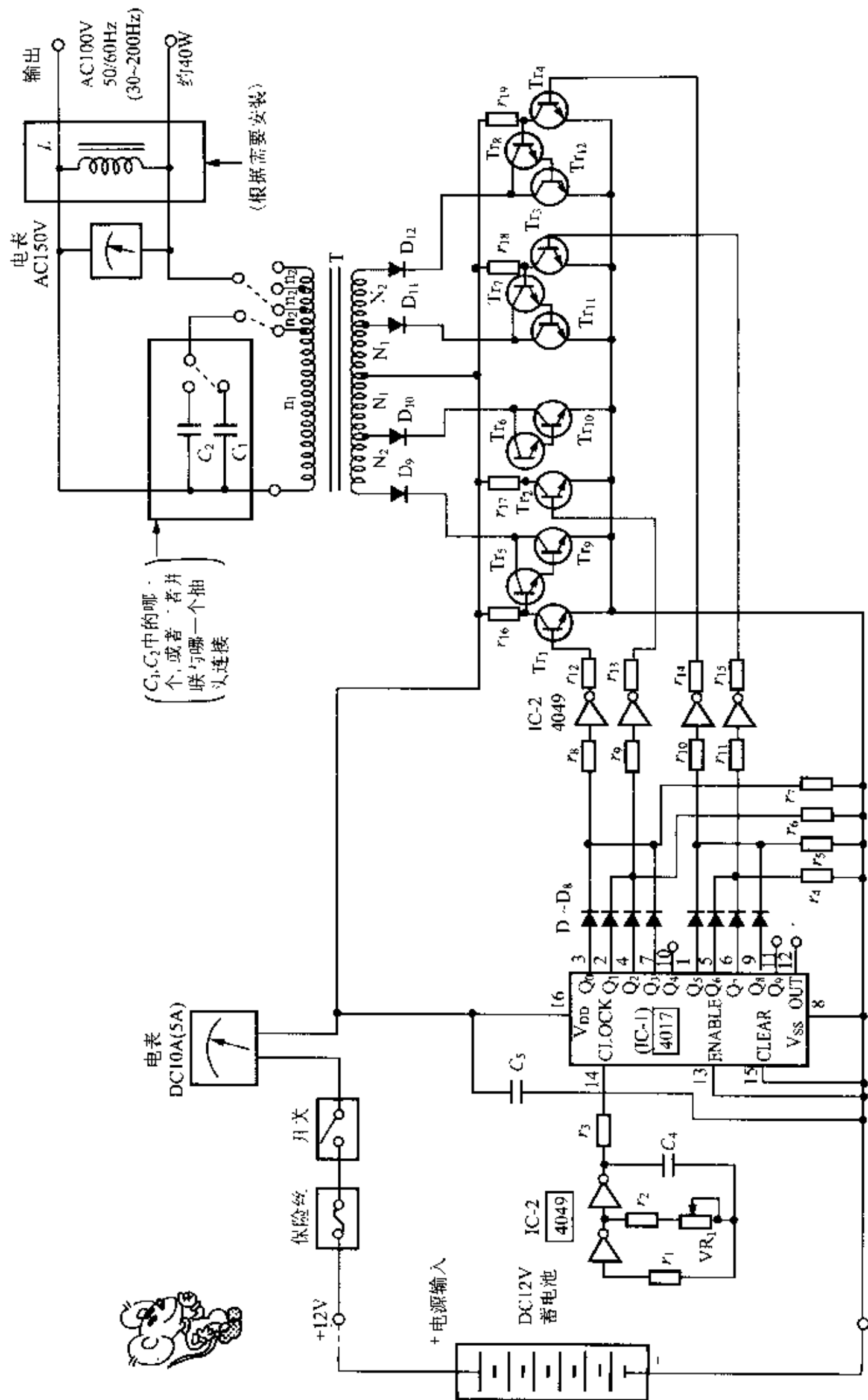
② 输出波形是正弦波。虽然实际上不能成为完全的正弦波,但要极力接近正弦波。当用同步示波器(阴极射线管示波器)观察波形时,希望能达到感觉几乎是正弦波的程度。

③ 与电源接通同时启动,频率稳定。

④ 小型而且发热量少(影响效率)。

⑤ 制作价格便宜。

等,要考虑各种各样的条件。因此,决定制作能够符合上述条件的图1所示的转换器试试看。输入使用12V的汽车用蓄电池。



使用目的

实际上,以 DC 12V 制作供给 AC100V 10W 电源的目的并不明确。例如,计算机系统中用 AC 100V 旋转的冷却风扇,在停电时用 DC 24V 的蓄电池电源制作 AC 100V 使风扇旋转这样初步的使用方法,多数已经在实用中,此外,在 AC 100V 电源下工作的测量仪、记录仪等,当需要在得不到 AC 100V 电源的野外使用这些仪器时,用 DC 12V 汽车用蓄电池的电源转换器就成为绝对需要的装置。

部 件

IC 1	4017 CMOS 10 进制记数用 IC
IC 2	4049 CMOS 缓冲用 IC 以上都是最一般的廉价的 IC
Tr ₁ ~Tr ₄	2SC1815 小信号电压放大 60V 150mA
Tr ₅ ~Tr ₈	2SC3421 中功率放大 120V 1A
Tr ₉ ~Tr ₁₂	2SD717 大功率开关用 70V 10A 以上都是廉价的通用品
D ₁ ~D ₈	1S1588 硅二极管。通用品,相当产品也可以
D ₉ ~D ₁₂	3BZ61 100V 3A 硅整流元件。通用品,相当产品也可以
C ₁ , C ₂	1μF, 12μF AC250V MP 电容器,参照正文
r ₁	1MΩ
r ₂	调整,人体 50kΩ
r ₃	10kΩ
r ₄ ~r ₇	50kΩ
r ₈ ~r ₁₁	100kΩ
r ₁₂ ~r ₁₅	50 kΩ
r ₁₆ ~r ₁₉	3kΩ
C ₁	调整。大体 0.01μF 聚酯薄膜, VR ₁ …500 kΩ B 型,半固定也可以
C ₂	100~200μF /16V
T	参照正文
L	参照正文
其他	小部件、电表、底壳、盒子等根据制作者的爱好决定



当对个人用计算机这样停电时绝对难以使用的仪器提出使用电源转换器的要求时,如果是 40W,是不能供给显示器(CRT)的,只能使个人计算机不停机,这种情况下,由于来不及检测出停电再进行更换,经常是采用通过该转换器向个人用计算机供电,而蓄电池处于长时间充电状态的方法。

虽然有时也用该转换器旋转小型感应电动机,改变频率改变旋转数的使用要求,但是,在单相感应电动机中实用性还不明确。

实验性的旋转 AC 100V 的电风扇,就能立刻明白它的状况。

电路原理

使用 CMOS 4017 的 10 级(10 段)10 进制计数器,将矩形波 2 级重叠使之接近正弦波。波形如图 2(b)所示。图中,在 Q_0 时,输出 60% 的输出电压, Q_1 , Q_2 时 100% 的输出电压,其次,在 Q_3 时,再次下降到 60%, Q_4 时为 0%,从 Q_5

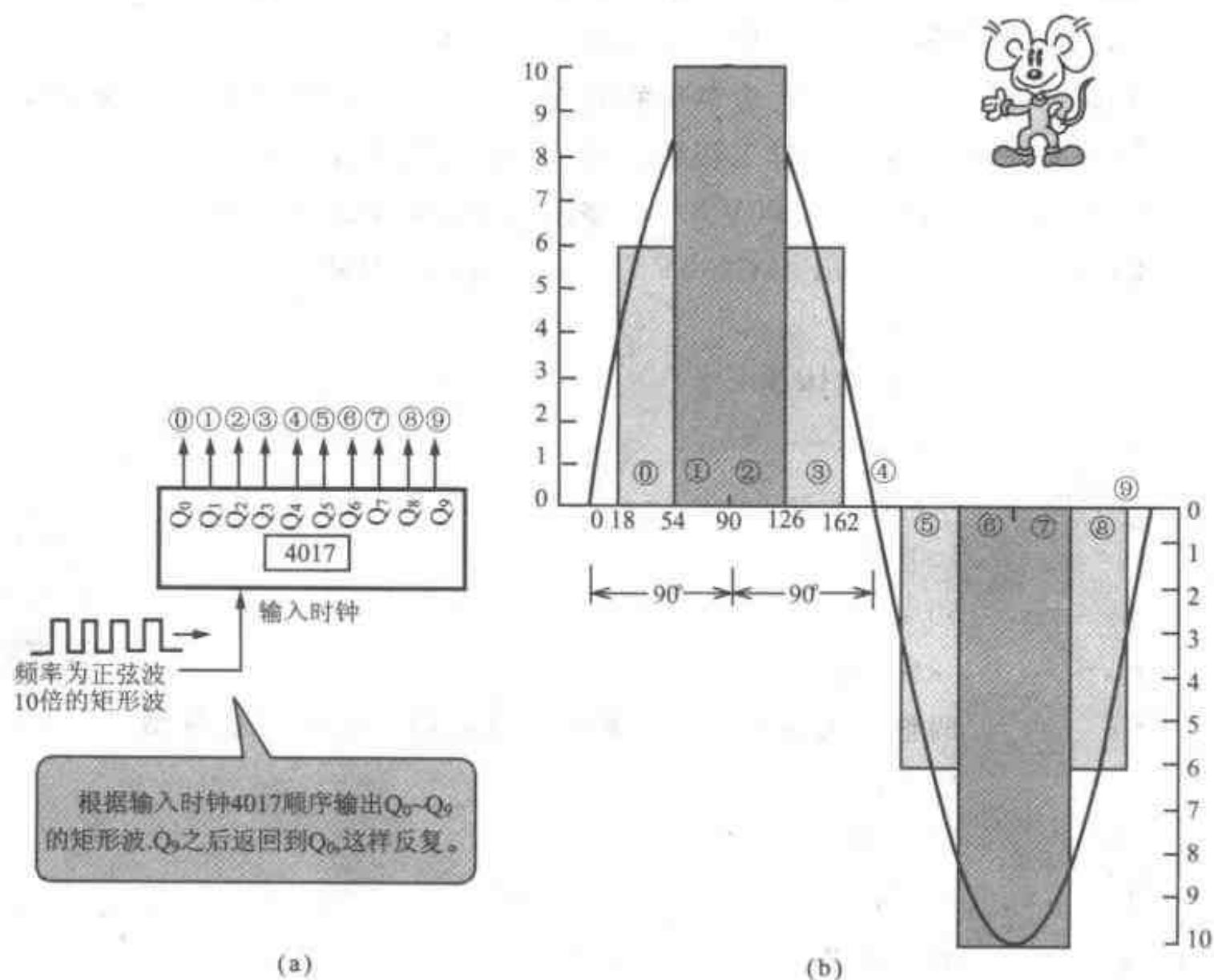


图 2 频率为正弦波 10 倍的矩形波

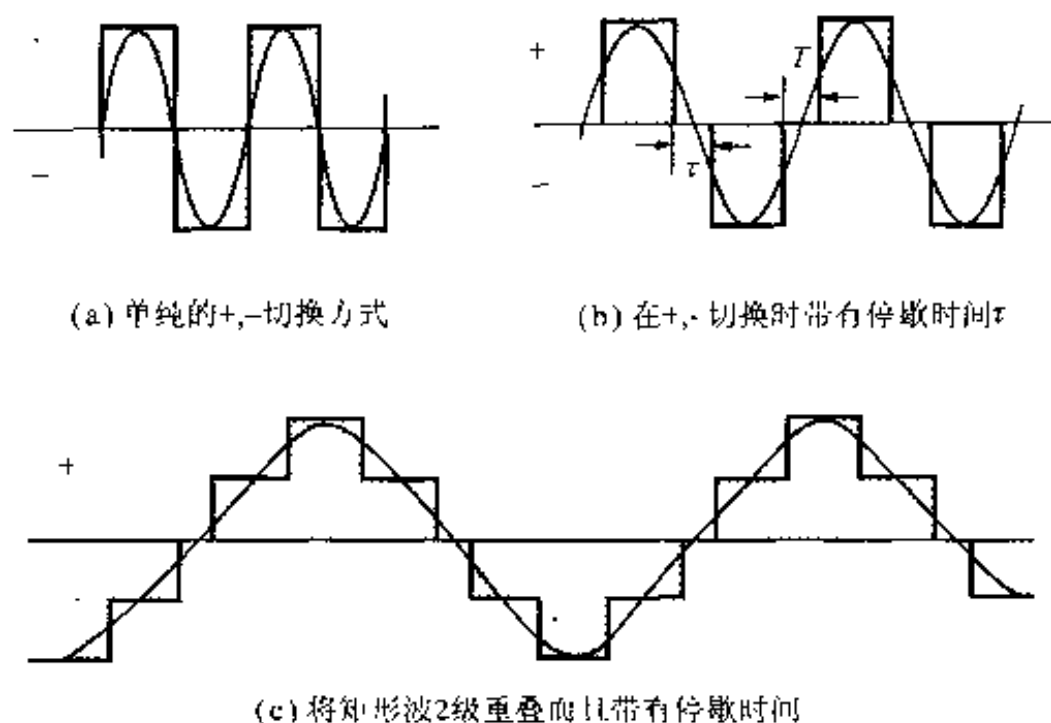


图 3

开始虽然是相同的形状,但向反方向输出。因此,在实际的电路中, Q_1 和 Q_9 是空置的。在矩形波的开关(ON、OFF的反复)波形中,考虑图 3(a)、(b)、(c)所示的方法。图(a)是最难接近正弦波的波形。图(b)是在一、一切换时,附加空置时间的方法,与图 3(a)相比,是相当接近正弦波的形状。进而,图 3(c)的形状比图 3(b)更接近正弦波的形状。

为对图 3(b)的形状进行分析,图 4 发表在专业书中,我们以此为基础进一步考虑一下。由图 4 可见,例如,将 180° 的脉冲宽度设定为 120° 的宽度时,输出中的第 3 谐波消失,第 5 和第 7 谐波仅包含 $15\% \sim 20\%$ 左右。当考虑 60Hz 或者 50Hz 的正弦波的时候,第 3 谐波是 180Hz 或者 150Hz,而第 5 谐波是 300Hz 或者 250Hz,频率越高滤波器制作越容易,就是说,越容易除去。

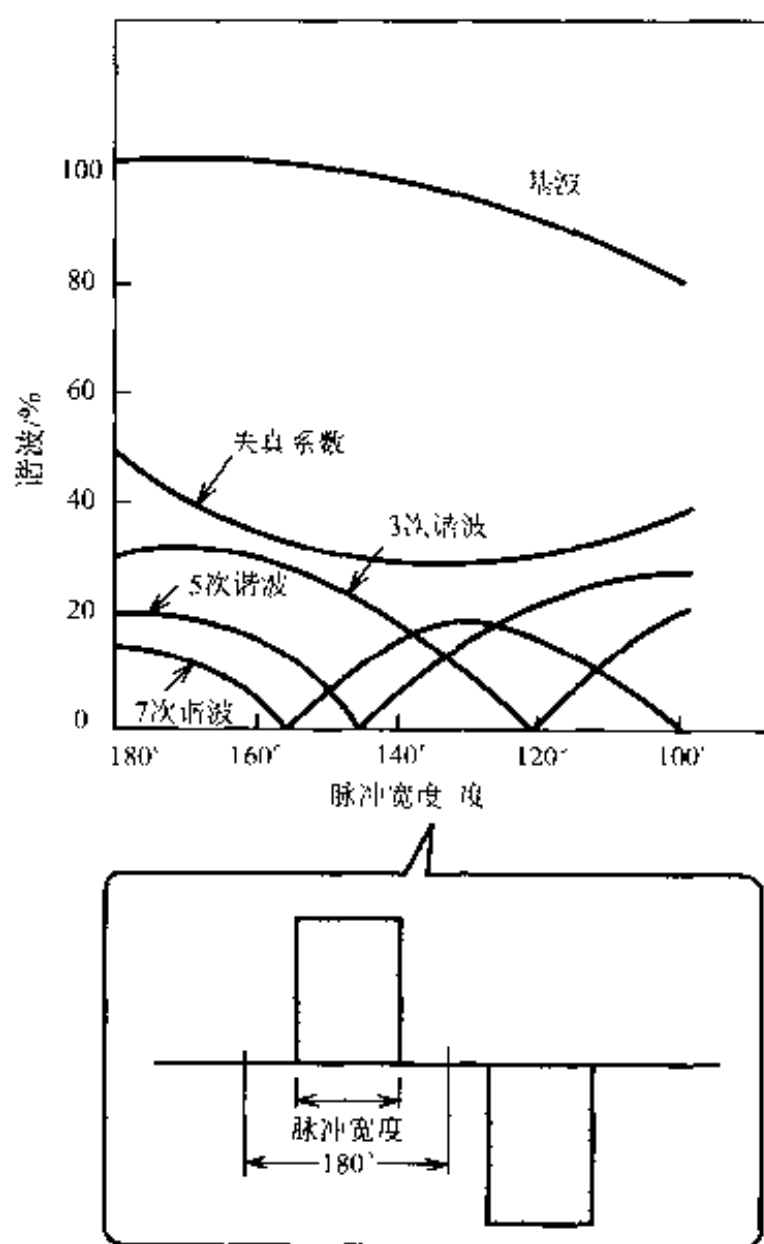


图 4 矩形波的脉冲宽度和高次谐波含有量

图 3(c)的形状是将 2 个脉冲宽度

重叠考虑的情况,虽然不能从该图做简单的判断,但能够大体推定脉冲宽度在 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 左右适当。

回到原点,一旦4017的10进制计数器施加脉冲,就从 Q_0 到 Q_9 顺次出来脉冲。第10个脉冲再回到原点这样反复。将这样顺次出来的脉冲如图2所示的①,②,③,④那样抽中时,能够得到与图3(c)的形状类似的形状。由于输入时钟是以10个脉冲旋转1回,输出正弦波的1循环,则施加时钟的频率是输出波形的10倍。如果输出波形是60Hz,时钟就是600Hz的矩形波。

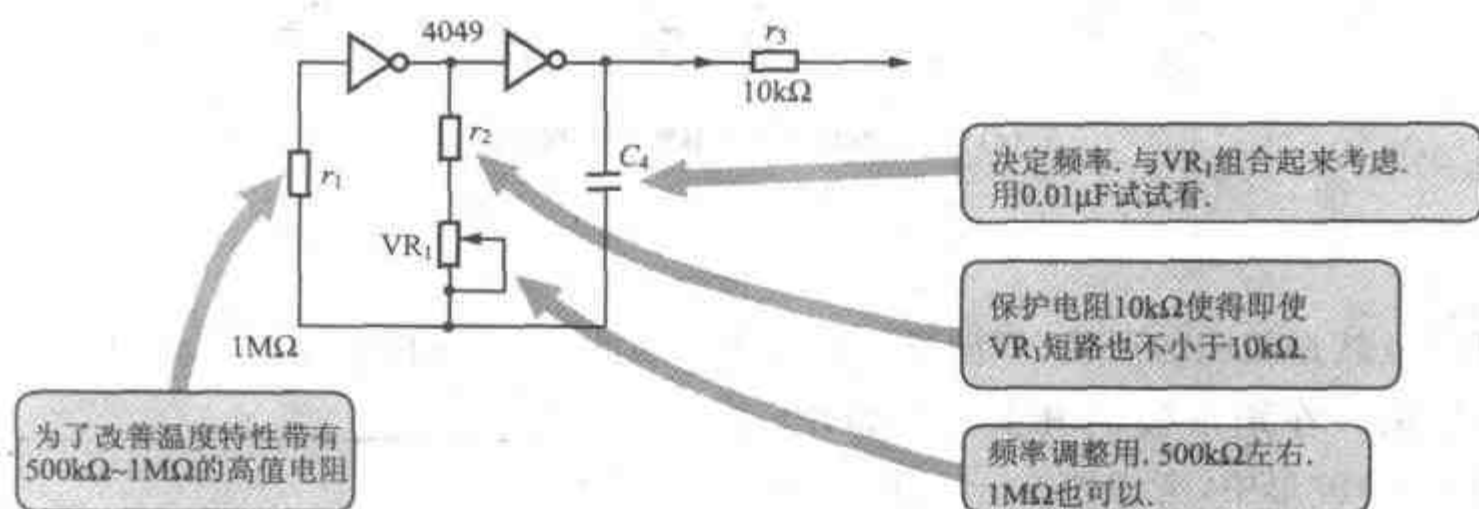
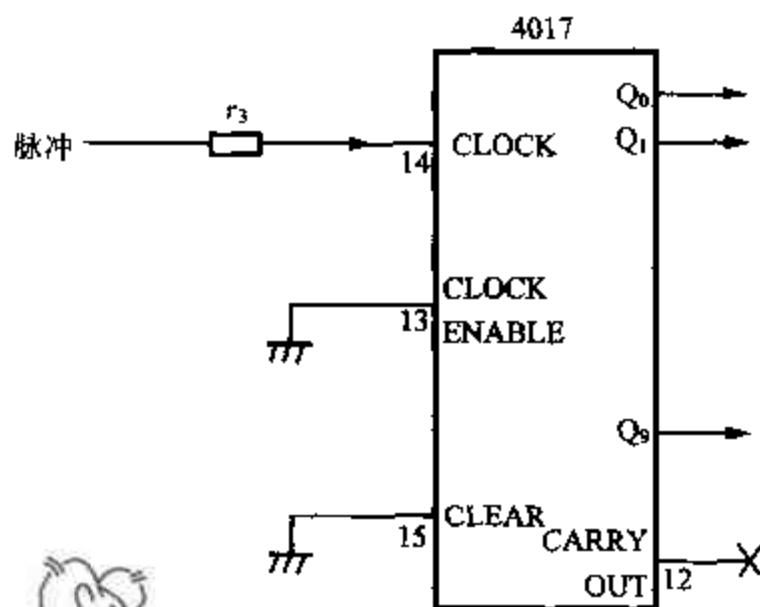


图5 使用4049的多谐振荡器



脉冲加在管脚14的CLOCK上,管脚13的CLOCK ENABLE与管脚15的,CLEAR预先与GND,电源的-(负)连接,管脚12的CARRY OUT空闲

图6

为产生时钟脉冲振荡,所用的是使用4049的多谐振荡器(参见图5)。将它的输出施加在4017上。这时 r_3 为 $10k\Omega$ 。虽然原理上说是不用,但是为了提高电路的稳定度还是要该电阻(参见图6)。

虽然由图2就能够明白,由于波形中的①和③(即 Q_0 和 Q_3),①和②(即 Q_1 和 Q_2)可以是相同波高值的脉冲,如图1的电路图所示, Q_0 和 Q_3 , Q_1 和 Q_2 分别用二极管合成。脉冲应当从 Q_0 向 Q_9 ,按次序只能出来一个,当合成时,理应附加二极管使得不吸入反向电流。其次,由于附加了二极管,又附加了 $r_1\sim r_7$ 的稳定电阻。一旦忘记附加稳定电阻,电路就不稳定。

虽然 $r_8 \sim r_{11}$ 原理上是不用的, 由于 IC 使用 12V 的电源, 有时会产生称为自锁(latch up)的不稳定现象, 作为保护对策预先附加了高电阻。

该输出在 4049 上放大后施加在晶体管上, 开、关(开、闭)变压器的 12V 线圈(参见图 7)。

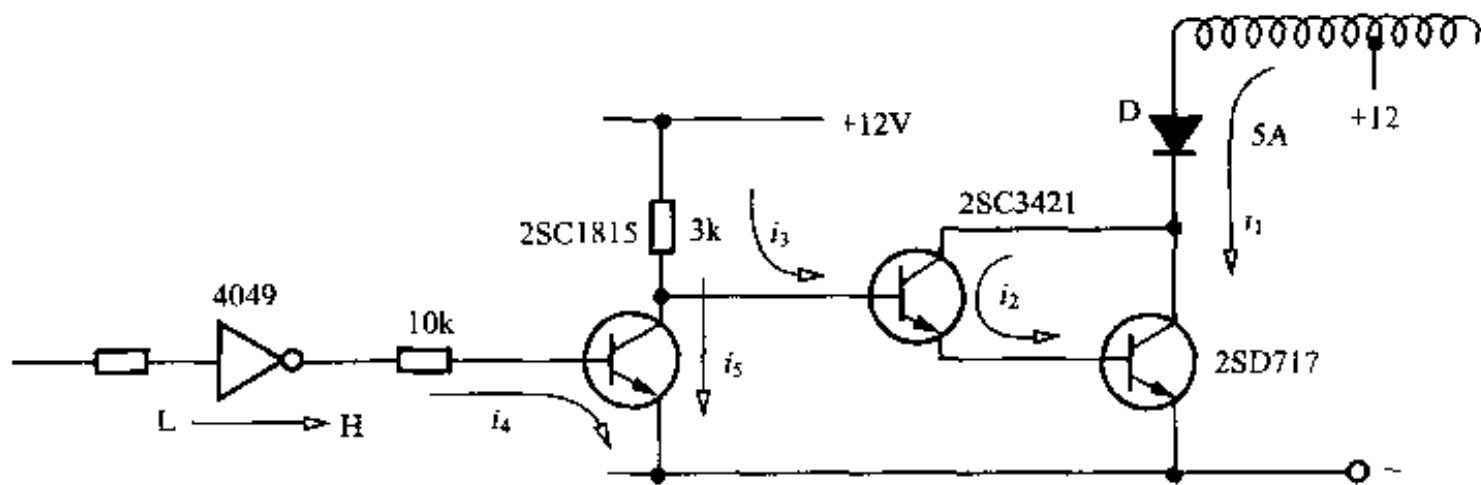


图 7 开关电路

① 设 i_1 流过 5A, 2SD717 的 H_{FE} 为 30, 则 i_2 为:

$$5(A) \div 30 \approx 0.17(A)$$

② 设 2SC3421 的 H_{FE} 为 70, 则 $i_3 = 0.17(A) \div 70 \approx 2.4(mA)$

③ 当 2SC1815 OFF 时, i_3 从 +12V 通过 3kΩ 电阻供给, 则

$$i_3 = 12(V) \div 3(k\Omega) \approx 4(mA)$$

约为 2.4mA 的 2 倍, 能够供给基极足够的电流。

④ i_4 是 4049 的输出, 由于电源是 12V, 输出 H(高电平)的时候能够输出约 11V 左右。则

$$11(V) \div 10(k\Omega) \approx 1.1(mA)$$

设 2SC1815 的 H_{FE} 为 100, 假设它无条件的流过 i_5 , 则 i_5 为 $1.1(mA) \times 100 = 110(mA)$, 由于附有 3kΩ 电阻, i_5 不能大于 4mA。如果 i_5 充分流通, i_3 就不能流。即 i_1 不流。2SD717 为 OFF 状态。

因此, 如果 4049 的输入侧是 L(低电平), 输出侧就成为 H(高电平), 成为 OFF 状态。4049 的输入一旦成为高电平, 与此相反, 2SD717 即导通。

这样, 当将晶体管作为开关使用时, 所用的 H_{FE} 的值是用厂家保证值的最小值来计算的, 设计电路时一定要能够流过充足的基极电流, 这是设计的窍门。

在变压器的线圈出来的地方装有二极管, 这是由于当变压器的反对侧导通时产生相反的电压, 加装二极管的目的就是为了使该反向电压不发生作用。

通过以上叙述, 读者对电路的原理一定了解了。下面, 进入变压器的设计。

变压器的设计和制作

如果以实验为目的,可以将旧的变压器拆开重新缠绕。图8是一个例子,是磁芯的选定的目标。

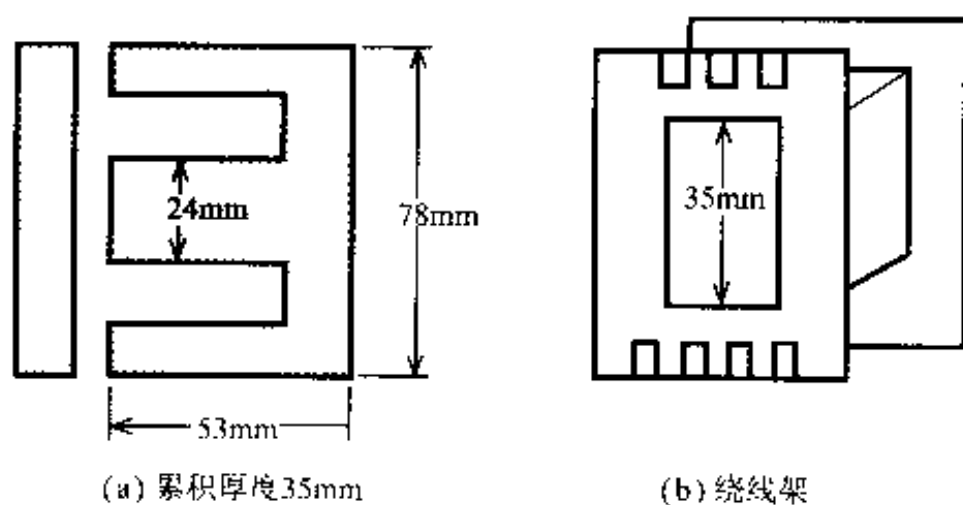


图8 变压器的磁芯

铁芯的截面积

$$2.4 \times 3.5 \approx 8.4 (\text{cm}^2)$$

当选定磁芯的时候,选择中心截面积在 $8 \sim 10 \text{ cm}^2$ 左右的磁芯。关于磁芯的材质,最近的产品一般称为定向磁芯。将它弯折的时候能够柔软地弯曲。而过去一直使用的称为T级的磁芯弯曲时就折断了。也有硬的材质。大体说无论哪种都可以。

变压器功率容量的目标是,在通过正弦波的普通的变压器的情况下,铁芯的截面积 A 为

$$A = 1.3 \sim 1.5 \sqrt{W}$$

式中 W 为负载功率。用该式计算得到:

$$W = (8.4 / 1.3)^2 \approx 40$$

能够制作约 40W 程度的输出变压器,其匝数由下式计算:

$$V = 4.41 f N A B_m \times 10^{-8} (\text{V})$$

式中, V 为电压(正弦波有效值), f 为频率, N 为匝数, A 为铁芯截面积, B_m 为最大磁通密度。

如果是T级材质的磁芯 B_m 为 $0.8 \sim 1.1\text{T}$ ($8000 \sim 11000\text{Gs}$) 左右,定向磁芯的值比它稍大。一般地,作为简略计算的公式,在T级的普通的磁芯中

$$\text{每 } 1\text{V} \begin{cases} 50\text{Hz} \rightarrow \frac{45}{A} \text{匝} (A \text{ 为截面积} (\text{cm}^2)) \\ 60\text{Hz} \rightarrow \frac{38}{A} \text{匝} \end{cases}$$

在稍高级的磁芯中

$$\text{每 } 1\text{V} \begin{cases} 50\text{Hz} \rightarrow \frac{38}{\text{A}} \text{匝} \\ 60\text{Hz} \rightarrow \frac{32}{\text{A}} \text{匝} \end{cases}$$

用上式计算也没有大的问题。

由于是施加 DC 12V 电源使之开、关,上述每 1V 的匝数的计算是用有效值计算的,最大磁通密度是用波高值考虑的。现在,在有效值的正弦波变压器中,每 1V 在 60Hz 下为 $32/\text{A}$ 匝,考虑用直流时:

(直流的)每 1.41V 在 60Hz 下为 $38/\text{A}$ 匝。

因此,在直流,平均 1V 为 $38 \div 1.41 \approx 27$ 。

在图 9 所示的变压器的图中,流过 12V 时的 n_1 :

$$n_1 = 27 \text{ A} \times 12(\text{V}) = 27 \cdot 8.4 \times 12 \approx 38(\text{匝})$$

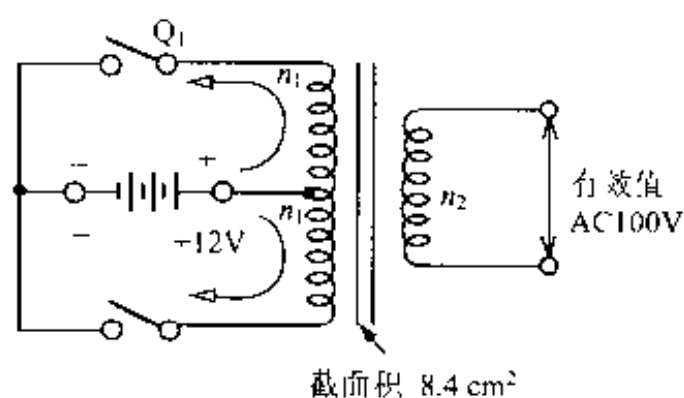


图 9

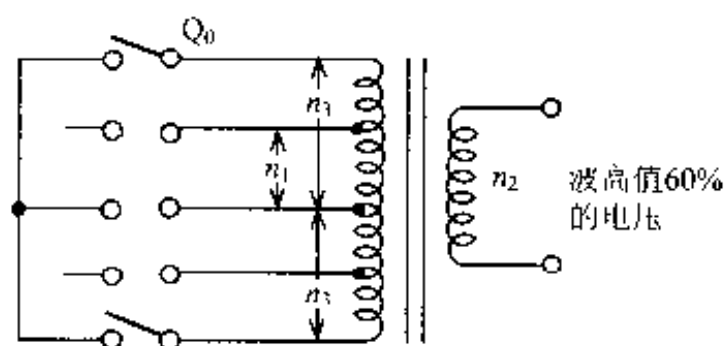


图 10

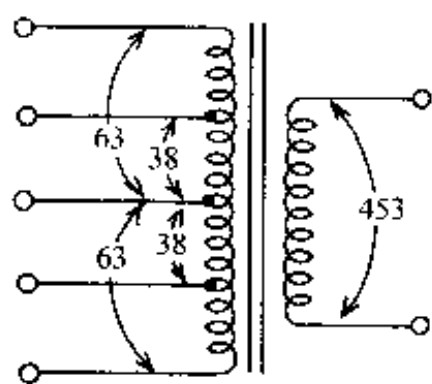


图 11

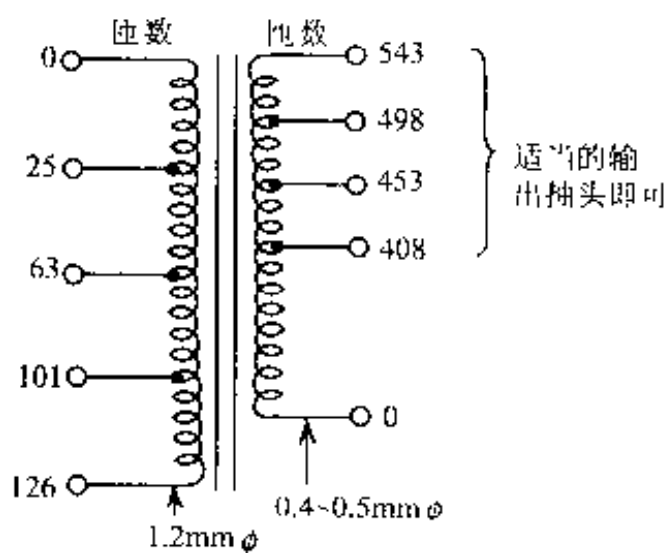


图 12

n_2 , 为了使有效值为 AC100V, 则

$$n_2 = 27 \text{ A} \times 141(\text{V}) = 27 \cdot 8.4 \times 141 \approx 453(\text{匝})$$

// 第2章 电力电子技术入门

由于 n_2 决定了, 为了使在 DC 12V 下 n_2 的电压为 60%, n_3 的匝数为(参见图 10):

$$n_1 \div 0.6 = 38 \div 0.6 = 63 (\text{匝})$$

总结一下, 则如图 11 及图 12 所示。线圈的安全电流大体可由图 13 推定。

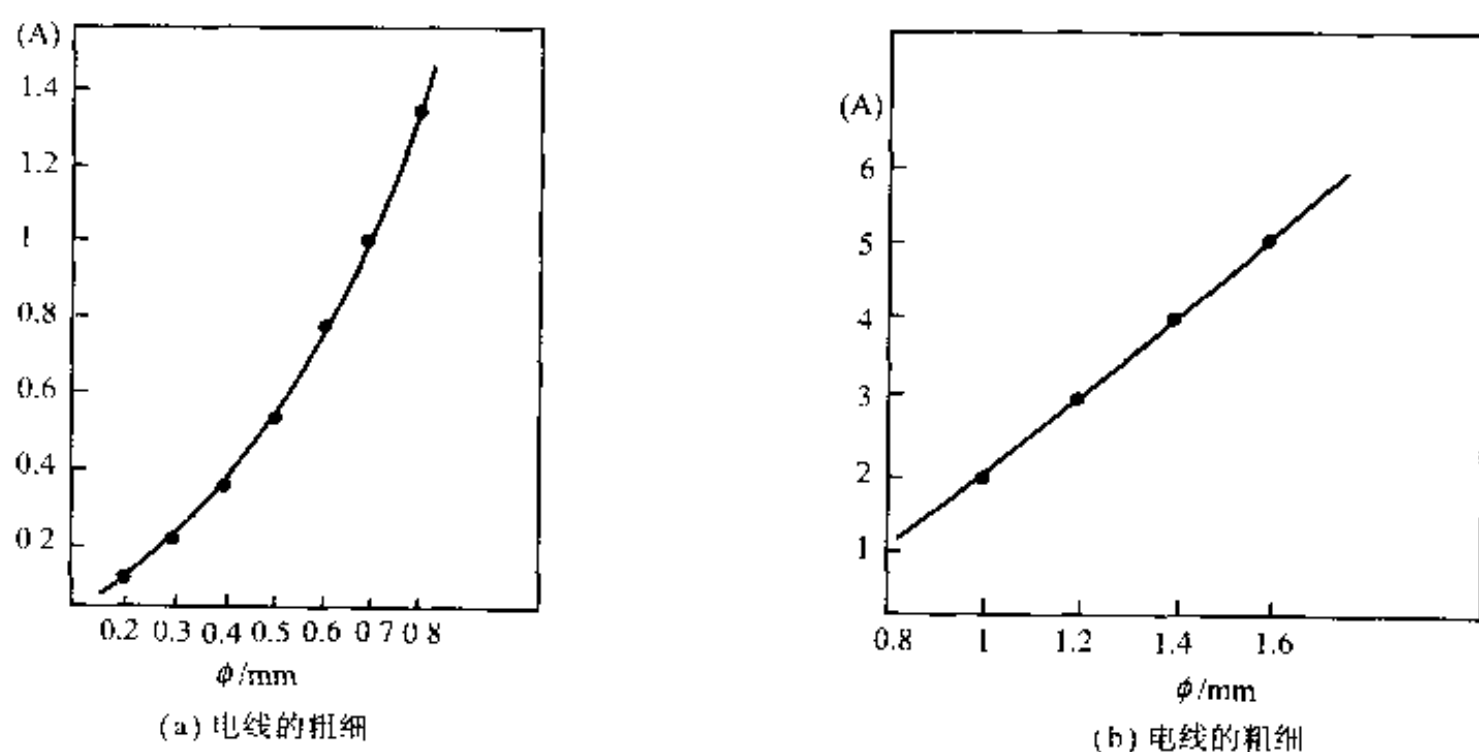


图 13 线圈的安全电流

印制电路板

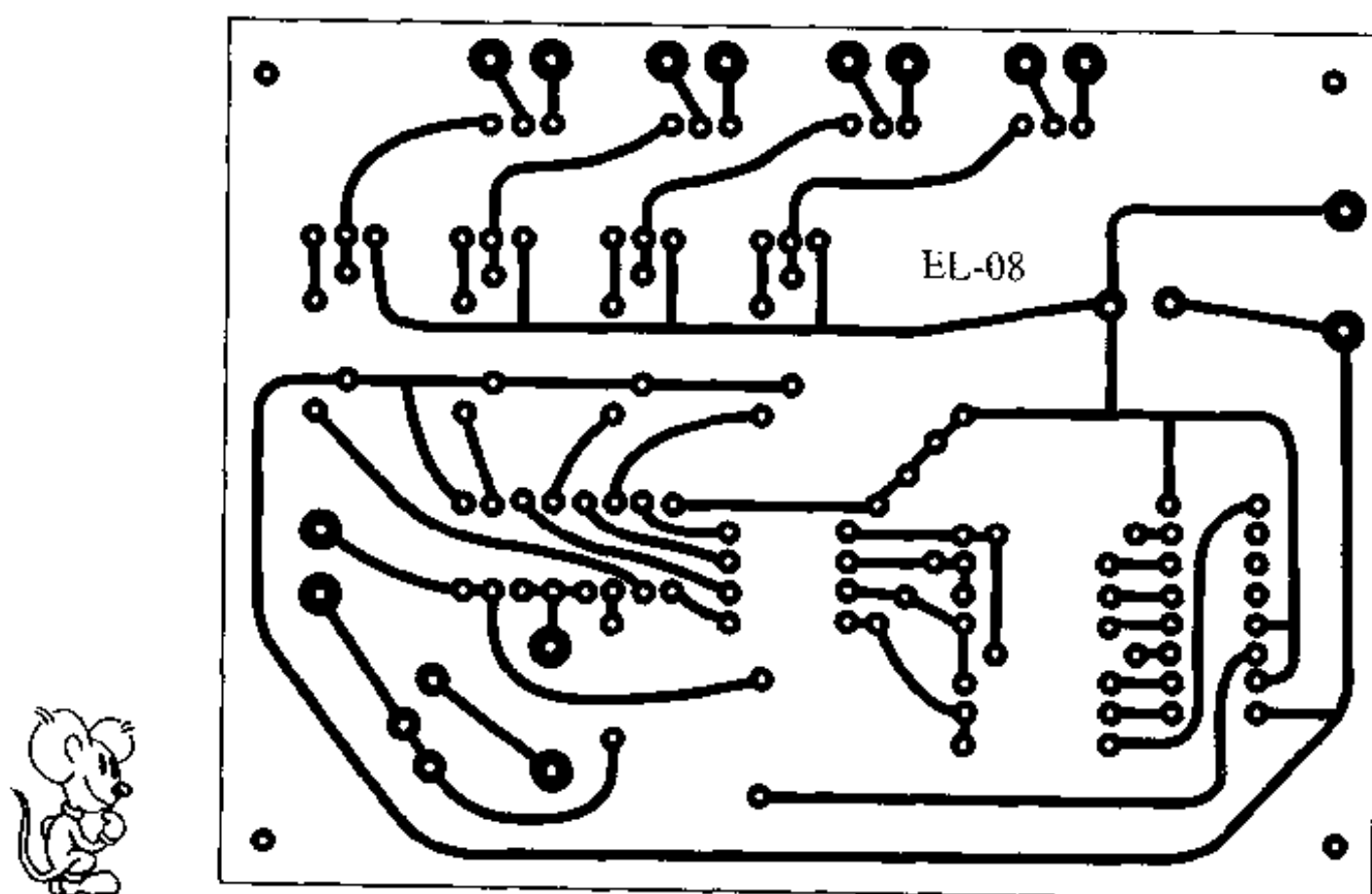


图 14 印制电路板的图(原尺寸大小)

由于在 DC 12V 侧不是连续地而是交互地流通,假设用 $\phi 1.2\text{mm}$ 的电线,安全电流是 3A,由于负担是 1/2,虽然不能达到 2 倍的 6A,但是流过 4~5A 理应不会有问题。

由于 AC100V 侧是连续的,可按图示。

卷线工作如果有专用的卷线机是再简单不过的事情,如果手工制作,先制作绕线轴,用手拿着绕线轴,一圈一圈地绕,因为匝数少,电线粗,应该能够卷成。

总之,由于制作变压器是电气工作者的第一步,请不断努力,考虑用手工制作。

实物布线图

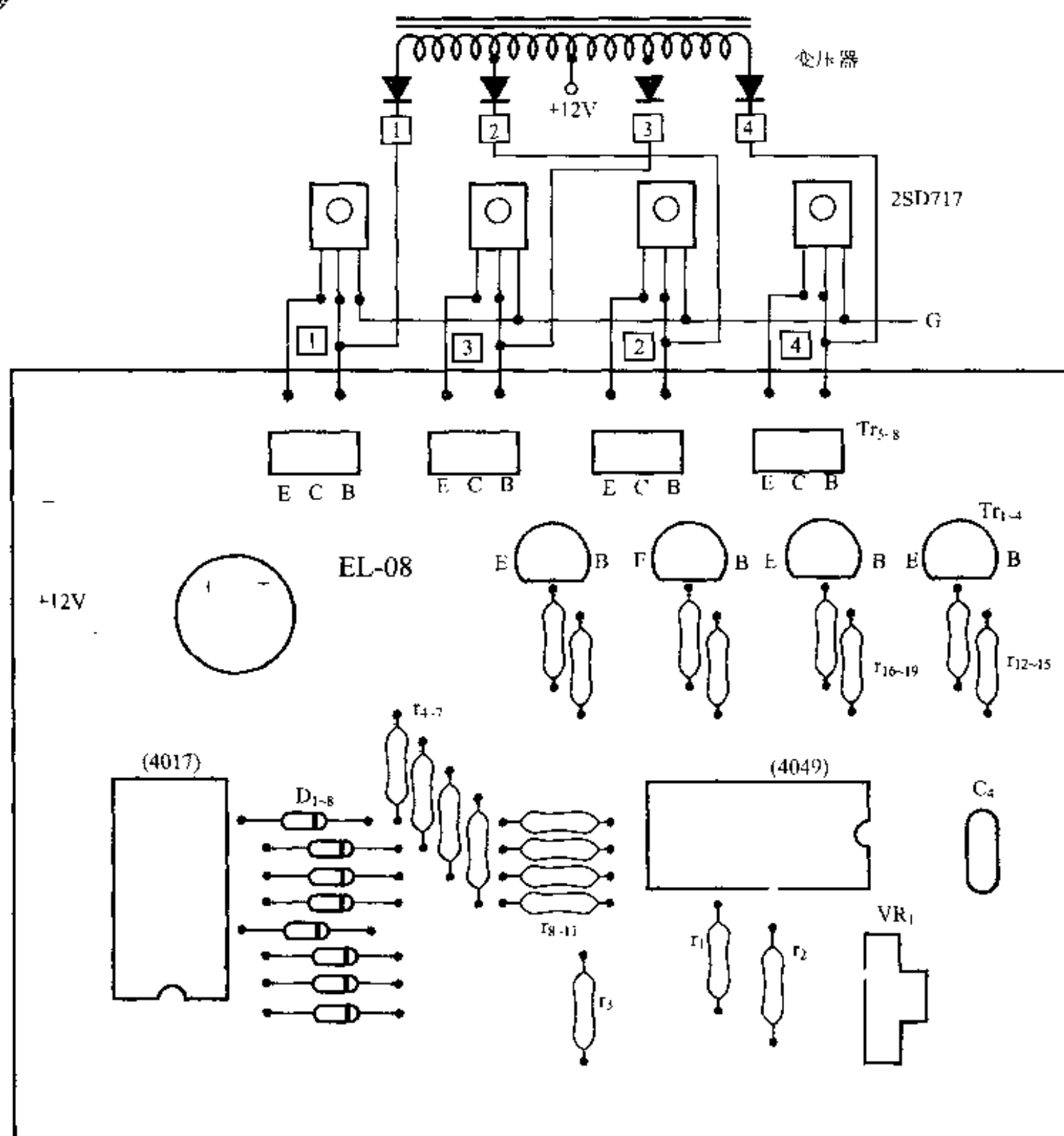


图 15 实物布线图

试运转和调整

(1) 电子电路的测试

在图1所示电路中,开始时先把变压器的12V的输入预先去掉。一旦接通电源(+12V),应该仅仅IC电路工作。

① 用同步示波器观察时钟的振荡。用 VR_1 将它调整到 500~600Hz。这是由于时钟频率一般在 500~600Hz 左右为好。总之先决条件是能在目的范围内可变地产生振荡。

② 用同步示波器观察二极管合成的输出波形。成为图16所示的1个和2个不同的波形。

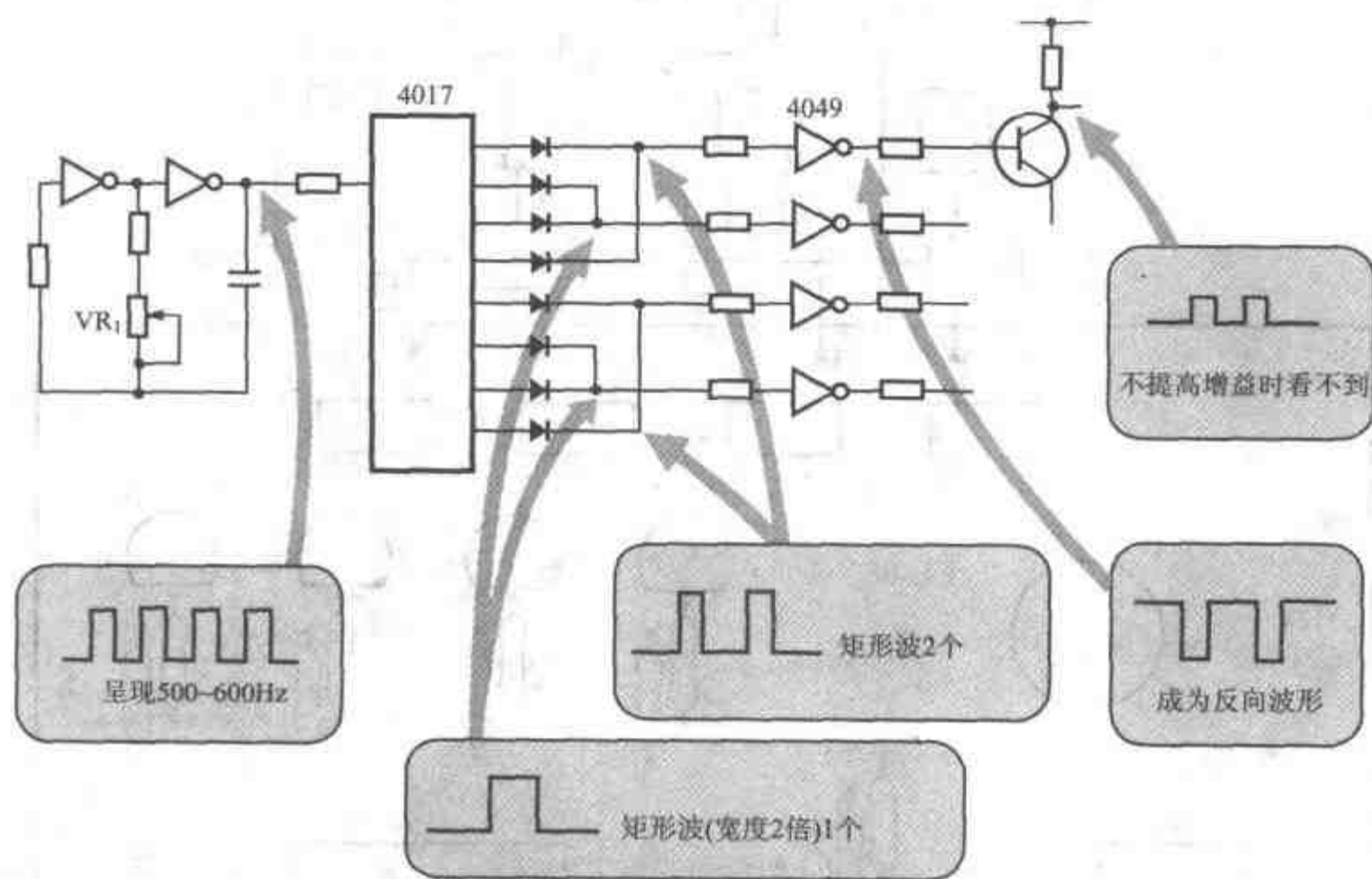


图16 二极管的输出波形

③ 确认通过转换器 4049 后成为相反的情况。4 个全部这样。

④ 观察晶体管的集电极。如果不提高增益就看不到。因此在难于看到的时候,可不观察这里。

(2) 运转

在变压器的 AC 100V 侧什么也没接,处于敞开状态。

连接变压器的 +12V, 接上 5A 的保险丝, 也接上 5A 或者 10A 的电表, 将

电源 ON。

虽然是无负载的,但是若有 1A 程度的电流流通属于正常。如果电流为 5A 以上或者一点也没有电流流通,一定有什么原因。

在了解了无负载情况下有 1A 程度的电流流通后,一度暂时停止,在 AC100V 侧加上电阻负载。在 AC100V 侧加上 $1\text{k}\Omega$ 10W 程度的电阻,再次接通电源,用同步示波器观察电阻两端的电压波形。如图 17 所示,如果出现最初设计的波形就获得成功。如果不能出现预想的波形时,变压器 12V 侧的抽头的连接有错误。

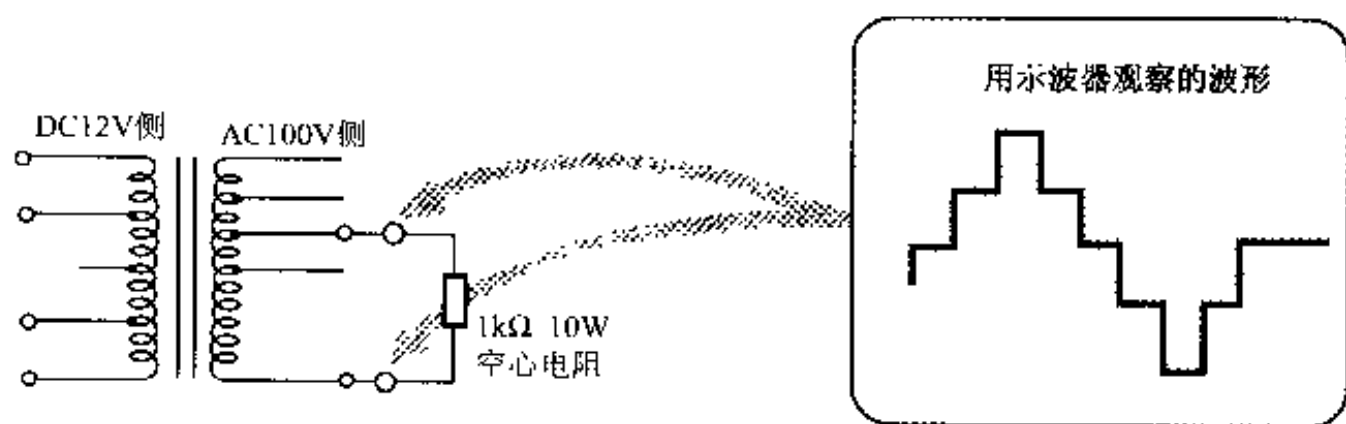


图 17 电阻两端的电压波形

实际观察印刷电路板的实物图就能明白,由于图形的关系,晶体管的输出侧的配置并不是按顺序排列的。这一点请特别注意,可变顺序以得到这样的形式。

(3) 调整

拆掉电阻负载,再次在无负载状态下运转。假设流通 1A 电流。

用同步示波器一边观察在无负载状态下运转的电流和波形,一边将 $4\mu\text{F}$ 的 MP 电容器连接在某一个抽头上,于是电流就产生变化。选择电流最小的抽头。波形也稍微变圆。将小型变压器的 AC100 线圈连接到某一个抽头上试试看。如果电流进一步减小,当电流小于 0.5A 时,就成功了。波形也接近正弦波(参见图 18)。

转换器虽然能从 DC12V 的蓄电池供给电能,但是不能供给交流负载的无效电功率。如果从交流侧观察时,转换器用变压器也是交流功率负载,为使它正常运转,必须供给无效电功率。电容器(考虑相位超前补偿用电容器)和小型变压器(电抗)应该是无效功率源。本书虽然是阐述电子技术,但从这里开始就进入电力技术领域,连接各种各样的 L、C,还有适当的负载(与灯泡等相比马达更好),一边观察波形,输入电流,输出电压,一边求出最佳值。

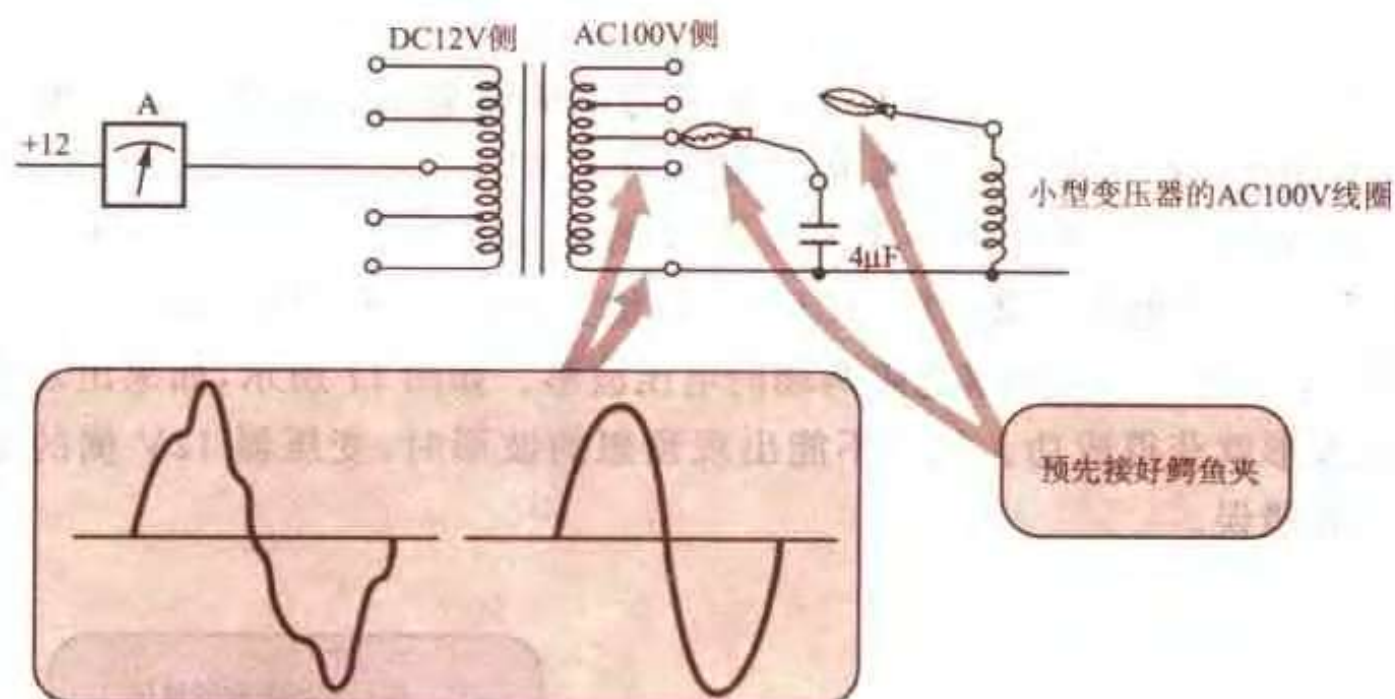
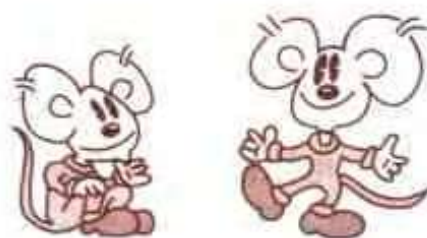


图 18 调整后的波形



9

电源转换器DC12V→AC100V 50Hz/60Hz正弦波输出 100W转换器的制作方法

与前一节的40W电源转换器的原理相同. 这次, 制作100W输出容量的电源转换器. 从实用性考虑最好是使用DC24V的蓄电池电源. 这里, 与前一节的例子一样使用DC12V的蓄电池.

[规格]

输入	DC12V	120A·h的汽车用蓄电池
输出	AC100V	50~60Hz, 正弦波输出 100W
输出电压的调整	安装滑线电阻调压器, 进行手动调整	

开关波形

如图1所示, 将一个周期分割成20步, 即将半波形分割成10步, 制作波形。

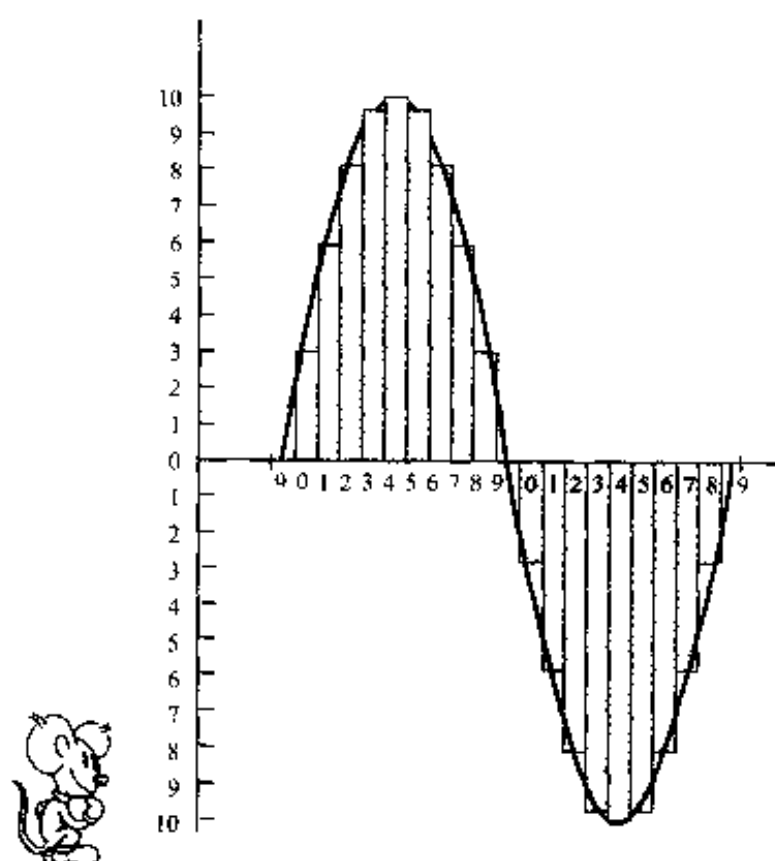


图 1

控制电路

如图1所示,虽然是正半波10步,负半波也是10步,合计20步,由于正、负是完全对称的,与前一节的例子相同,是将4017的10步的记数正负交互更换输出的方法。

图2示出电路图。

部 件	
IC ₁	4017 10步(10级)10进制计数 CMOS IC
IC ₂	4013 D型 触发器 CMOS IC
IC ₃ , IC ₄ , IC ₅	4011 NAND 门 IC 3个 CMOS IC
IC ₆ , IC ₇	4050 缓冲 IC 2个 CMOS IC
Tr ₁ ~ Tr ₁₀	2SC1815 最好是 Y 型(H_{FE} 120~210) 10个
Tr ₁₁ ~ Tr ₂₀	2SC3421 最好是 Y 型(H_{FE} 120~210) 10个
Tr ₂₁ ~ Tr ₃₀	2SD717 最好是 Y 型(H_{FE} 120~240) 10个
	2SD717 是功率晶体管,用云母绝缘安装在散热用的铝板上
	2SC1815, 2SC3421 安装在印刷电路板上。不用散热
D ₁ ~ D ₉	硅二极管 1S1588 相当产品也可以 9个
D ₁₀	稳压二极管 R1D-6A 相当产品也可以
D ₁₁ , D ₁₂ , D ₁₆ , D ₁₇	10A 100V 以上,硅整流器 例 10GL2CZ47 1个
D ₁₃ ~ D ₁₅ , D ₁₈ ~ D ₂₀	5A 100V 以上,硅整流器 例 5GUZ47 6个
r ₁	1M Ω 1/4W
r ₂	10k Ω 1/4W
r ₃	100k Ω 1/4W
r ₄ ~ r ₈	50k Ω 1/4W (17~56k Ω) 5个
r ₉	500~600 Ω 1/2W 以上
r ₁₀ ~ r ₁₄	10k Ω 1/4W 10个
r ₂₀ ~ r ₂₃	3k Ω 1/4W 10个
C ₁	0.01 μ F, 50V 聚酯薄膜电容器或者薄膜电容器,不能用陶瓷电容器(由于温度特性)
C ₂	200 μ F, 16V 滤波用
C ₃	12 μ F, 250V MP 电容器
电表	AC150V, DC20A
滑线电阻调压器	AC100V, 3A 级的小型产品
变压器 T	铁芯的截面积 17~20cm ² 的产品
VR ₁	100k Ω B 型
开关, 保险丝, 接线柱, 旋钮	



电路图

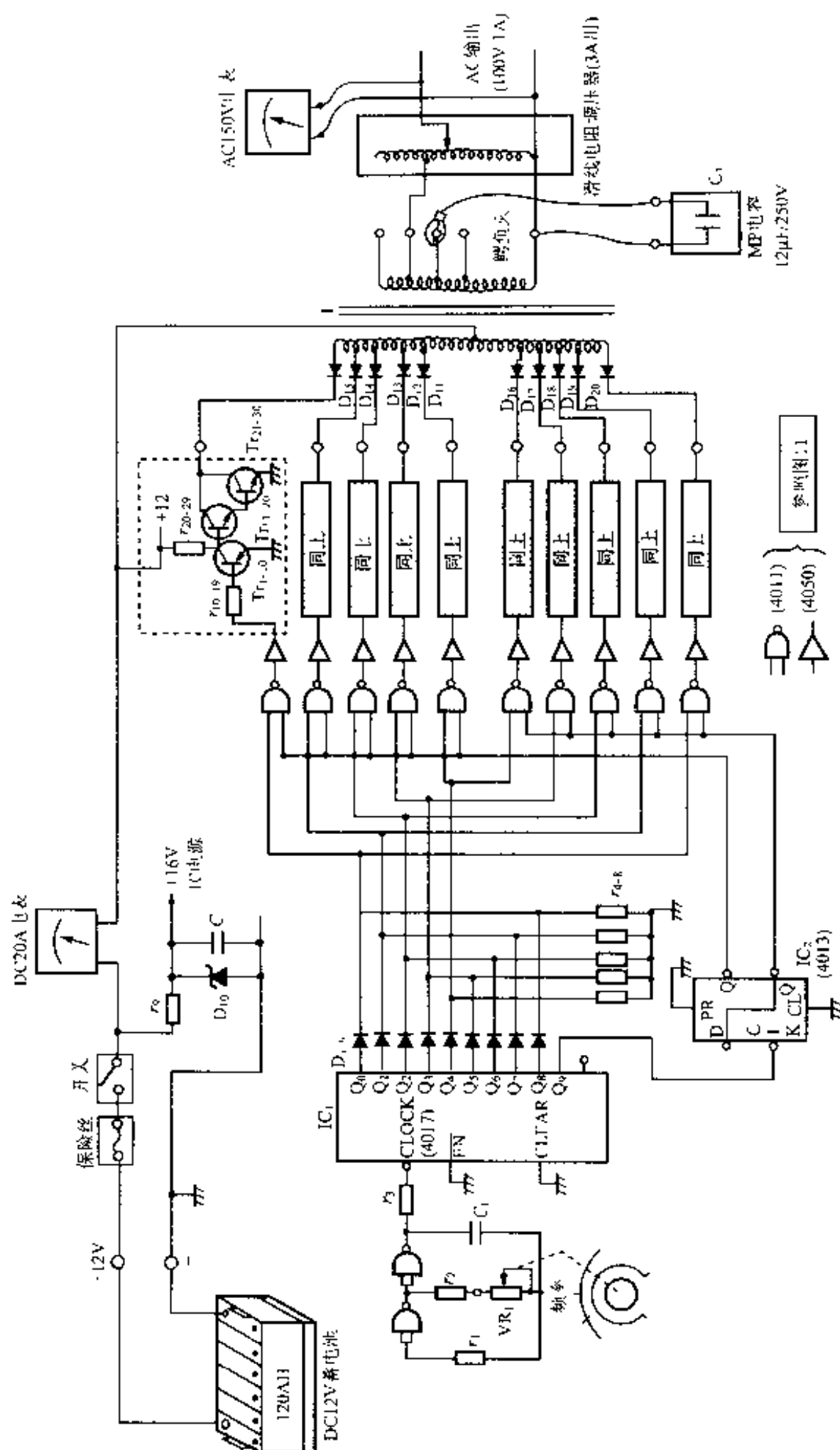


图 2 转换器的电路图

工作原理

边观察图1和图2,边分析4017的10步的计数器的输出是怎样变化的,就能够理解电路的工作原理。

Q_0 和 Q_8 时,输出电压为 30%的抽头导通

Q_1 和 Q_7 时,输出电压为 60%的抽头导通

Q_2 和 Q_6 时,输出电压为 80%的抽头导通

Q_3 和 Q_5 时,输出电压为 98%的抽头导通

Q_4 时,输出电压为 100%的抽头导通

这里给出的%值只是一个示例,最好正确的进行计算设计。

Q_9 时,输出是零。该 Q_9 进入 4013 的触发器中。在 Q_9 上输出的脉冲相互间,将触发器的 Q 和 \bar{Q} 交互地更换到 H,L 电平(H 时是电源电压 6V,L 时是零电压)。

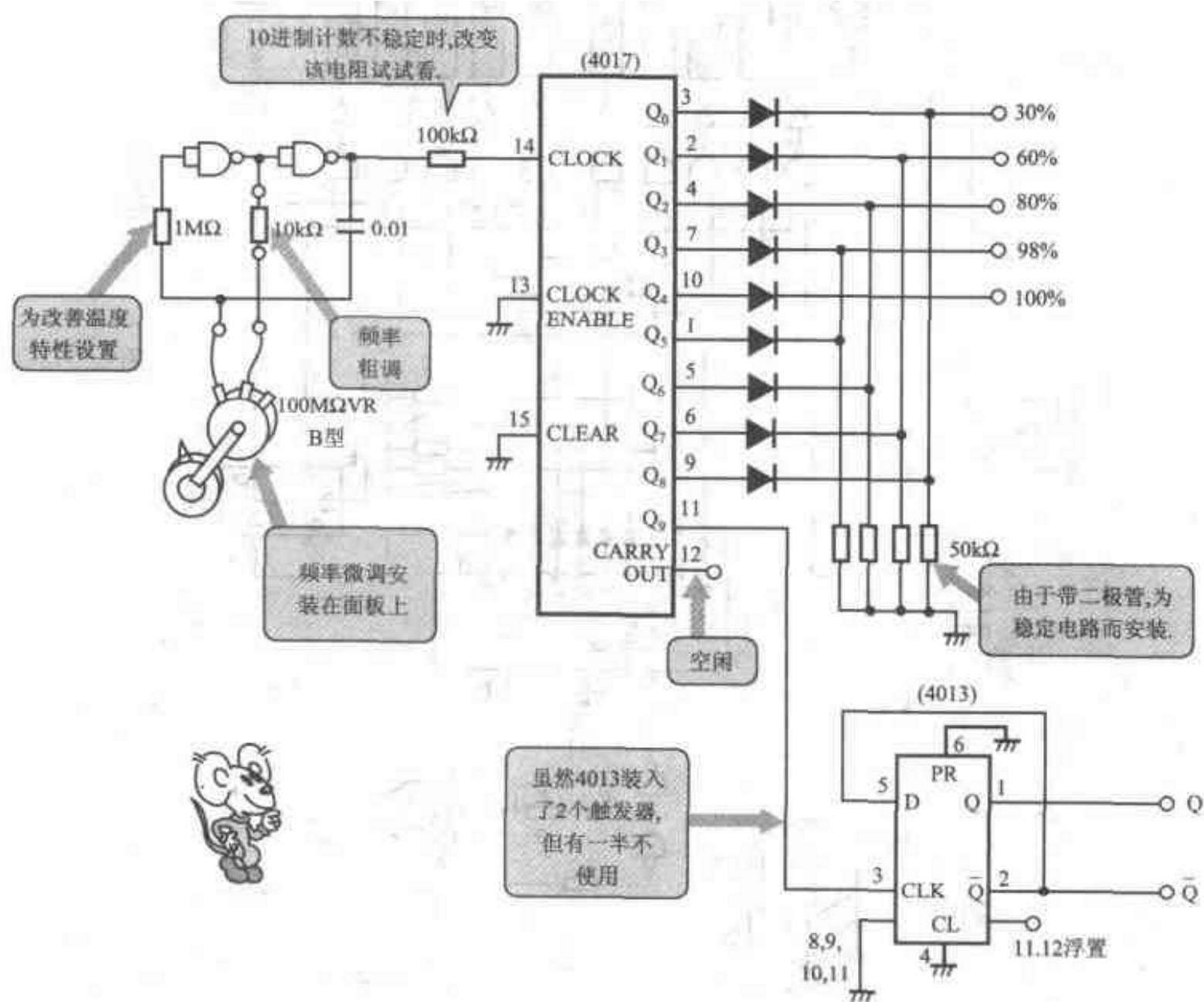


图3 IC_1, IC_2 的外部电路

用触发器的交互更换的 Q, \bar{Q} 信号输出, 将 $Q_1 \sim Q_8$ 组合的 5 级的输出, 输出成输出波形的正半波和负半波。变更变压器的抽头的连接。

(1) IC_1, IC_2 的外部电路(参见图 3)

(2) IC_3, IC_4, IC_5, IC_6 的外部电路(参见图 4)

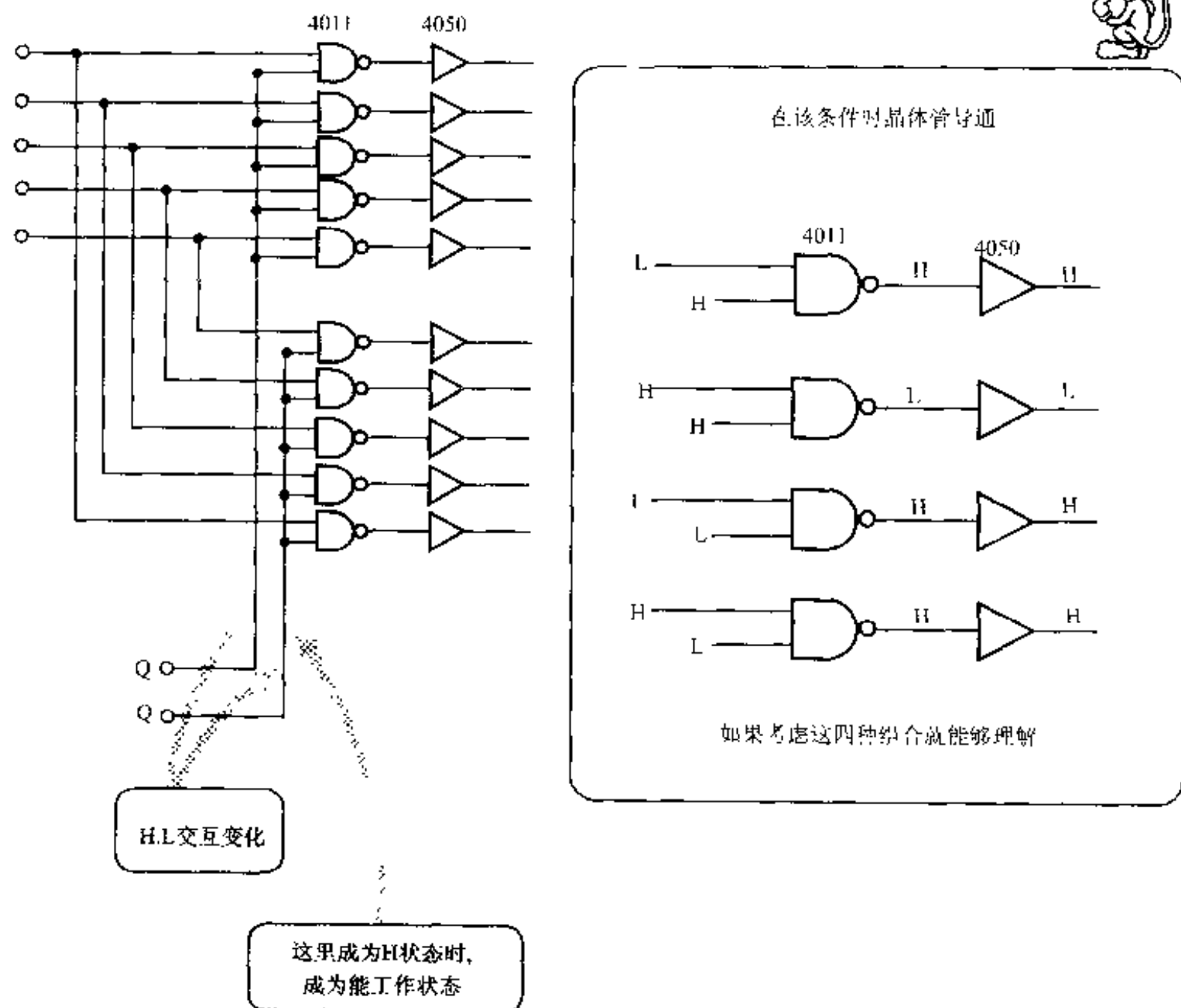


图 4 $IC_1 \sim IC_6$ 的外部电路

附加 4050(缓冲 IC)是因为 1011 的功率小, 目的是增加功率。

(3) 触发器的电路(参见图 5)

触发器电路是 $1/2$ 分频电路。

不太了解数字 IC 电路基础知识的读者, 请参考《数字 IC 实验和工作手册》。(续)(OHM 社)。

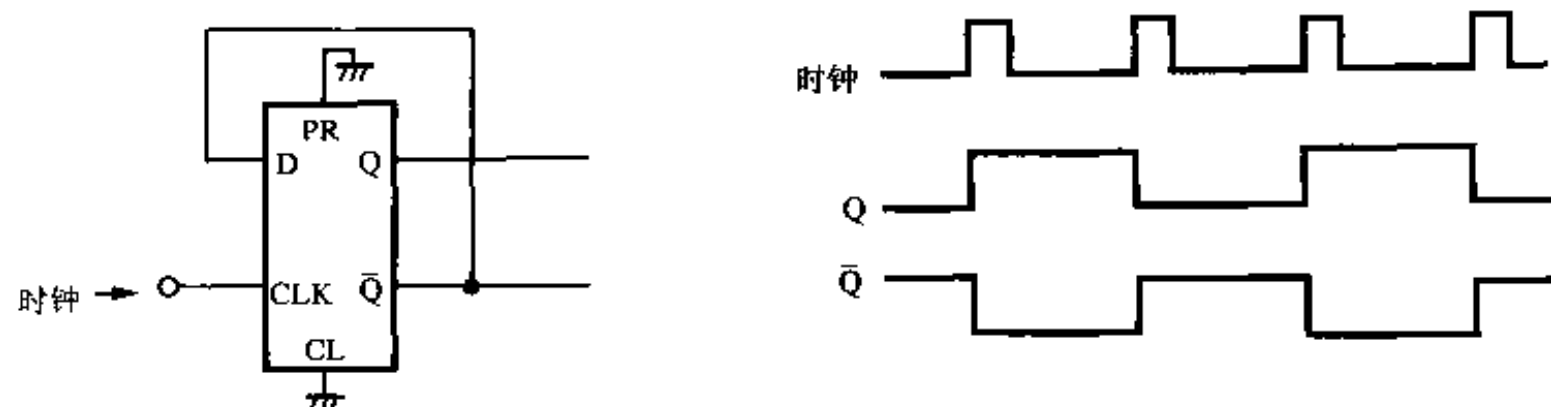


图5 触发器电路

(4) 晶体管电路(参见图6)

晶体管电路的设计与前一节的40W时完全相同。(40W,对于这里所考虑的电路制作,也许可以说是过大设计)。

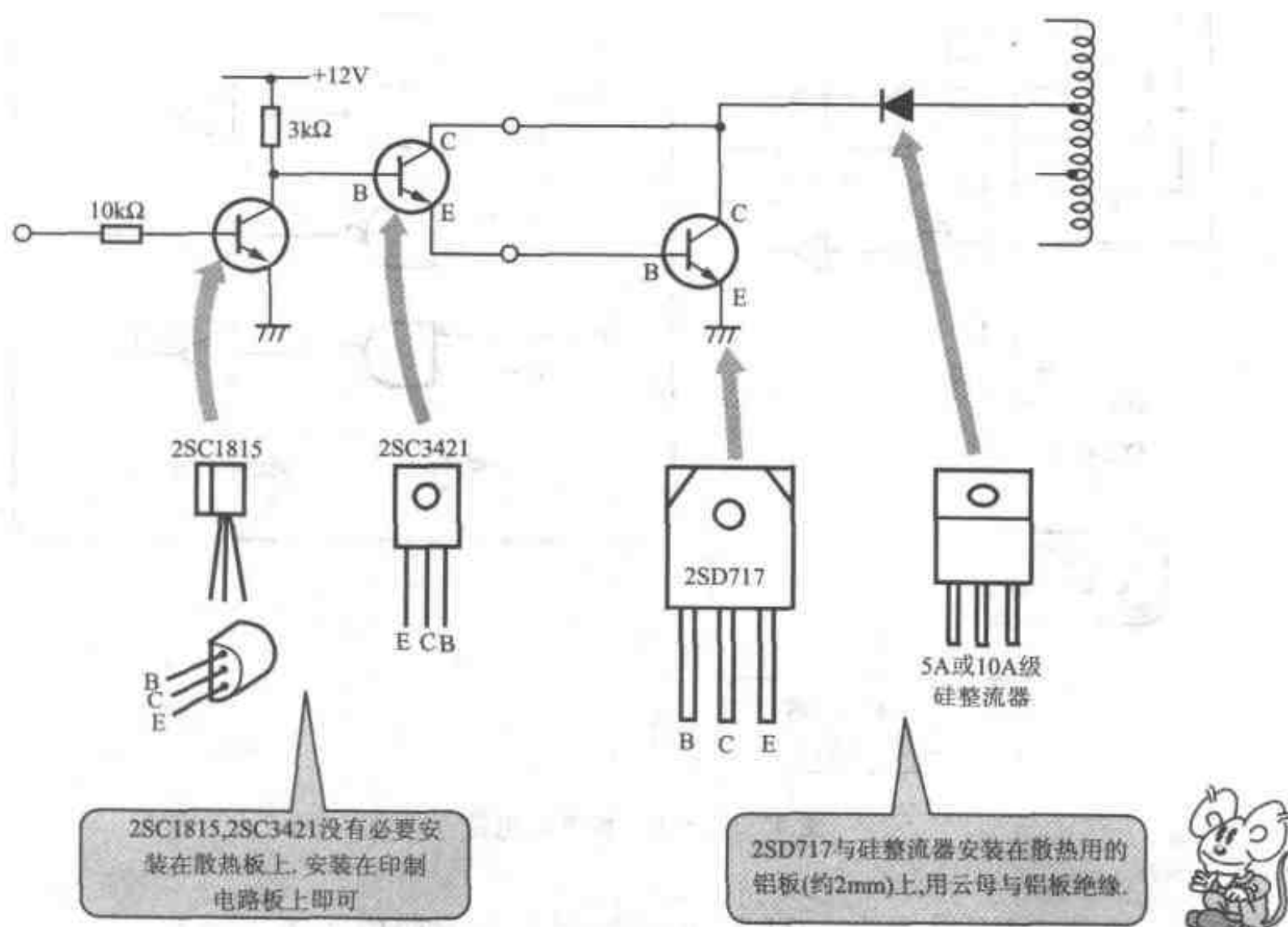


图6 晶体管的电路

(5) IC 的电源电路(参见图7)

稳压二极管是与 RD-6A 相当的产品, 只要是在 5~7V 间的产品, 多少电压

都可以。在稳压二极管上流通 5~10mA 的电流。

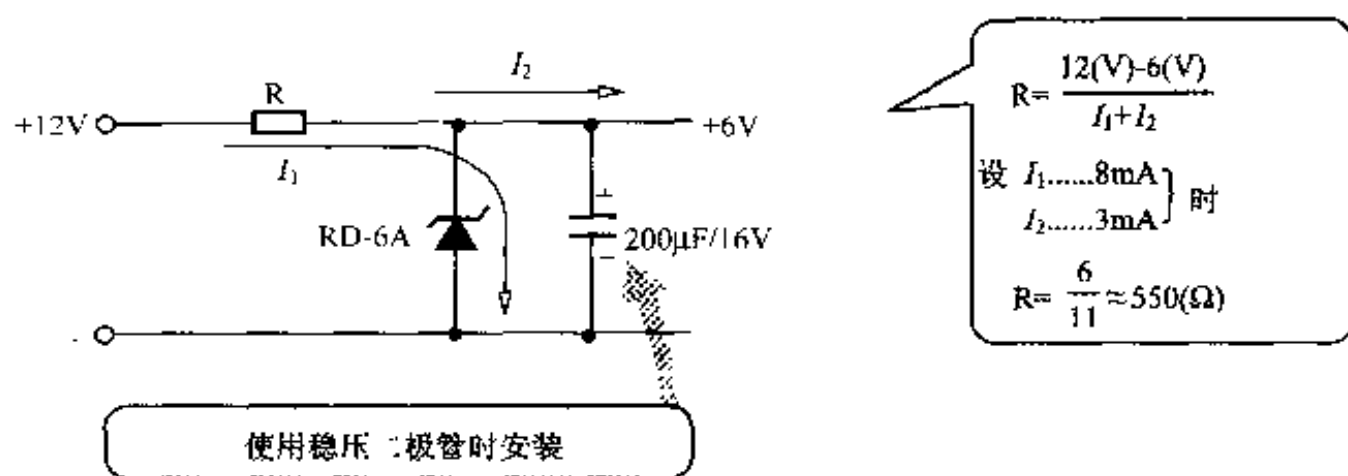


图 7 IC 的电源电路

变压器的设计

为了通过 100W 的负载,与前面的 10W 相比,这是相当大型的变压器了。作为大体能找到的,考虑图 8 那样的大小为好。如果能得到新的铁芯更好,得不到新的铁芯时,寻找类似大小的旧变压器,将它拆开取出铁芯。

在图 8 的铁芯的截面积是:

$$3.2\text{cm} \times 5.5\text{cm} = 17.6\text{cm}^2$$

选择比这个面积大的铁芯即可。

请各位注意,总想用小的铁芯来设法完成变压器是不合道理的,选用大的铁芯是成功的诀窍。

手工制作的时候,将图 8 所示的绕线架烘烤或者加工环氧树脂板(与印制电路板的衬底相同),用阿龙 α((Alon-α)-一种瞬间黏接剂)等黏接。使它的尺寸与铁芯的尺寸正确吻合,绕线架要制作结实,用手拿着绕线架,就能够一圈一圈地绕线。由于电线粗,匝数少,用手工绕制已经足够。组装完毕后,如果不能将铁芯勒紧,铁芯就会发出呜呜的响声。

线圈的计算,请参照前一节 40W 的例子,自行设计!

大体上,图 8 所示的铁芯的设计例示于图 9。

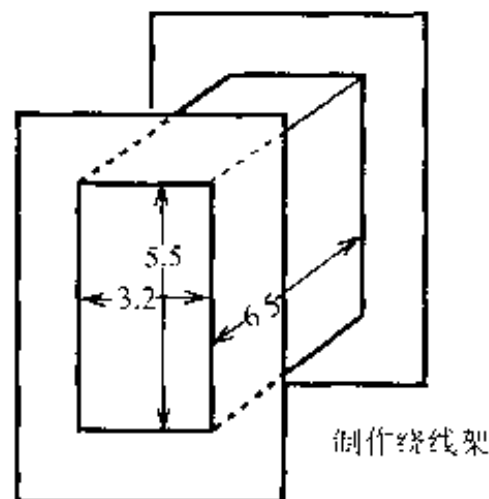
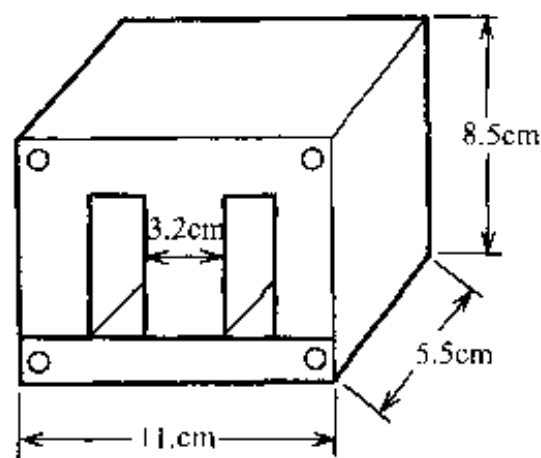


图 8

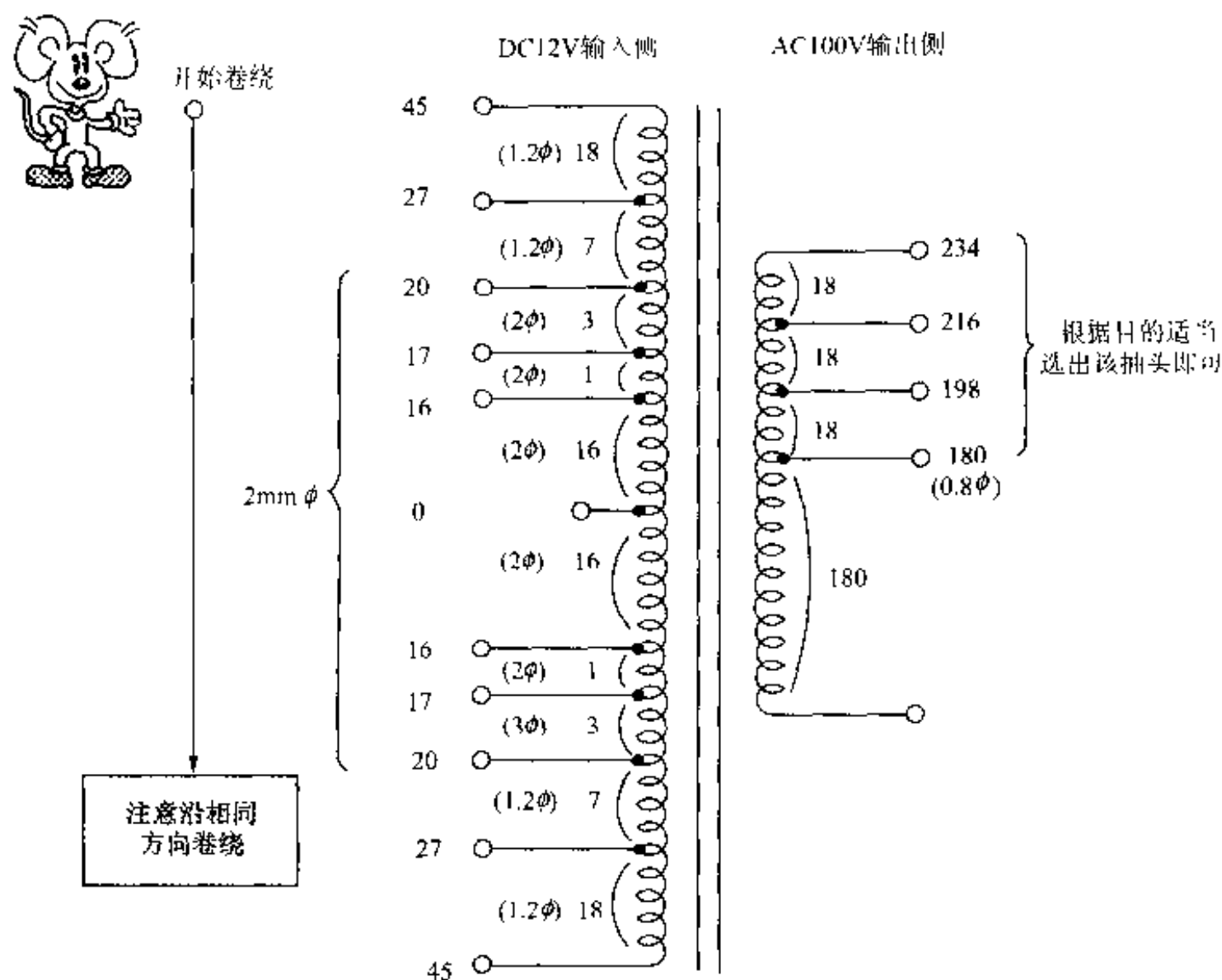


图 9

DC12V 侧的中心部分使用 $\phi 2\text{mm}$ 左右的粗导线,使得能够通过 10A 电流。而在端部绕 $\phi 1.2\text{mm}$ 的电线已经足够。AC100V 侧绕 1A 的连续规格的 $\phi 0.8\text{mm}$ 左右的电线。DC12V 侧应该成为中心抽头。从卷绕开始就要注意不要搞错卷绕方向。

变压器的测试是在 AC100V 侧实际施加 AC100V 电压,用万用表测试 DC12V 侧的电压就明白了。

印制电路板

印制电路板用单面衬底制作,如实体图所示用表面连接线连线。图中的大的圆圈是打进去的 $\phi 2\text{mm}$ 的铆钉。

参见图 10。

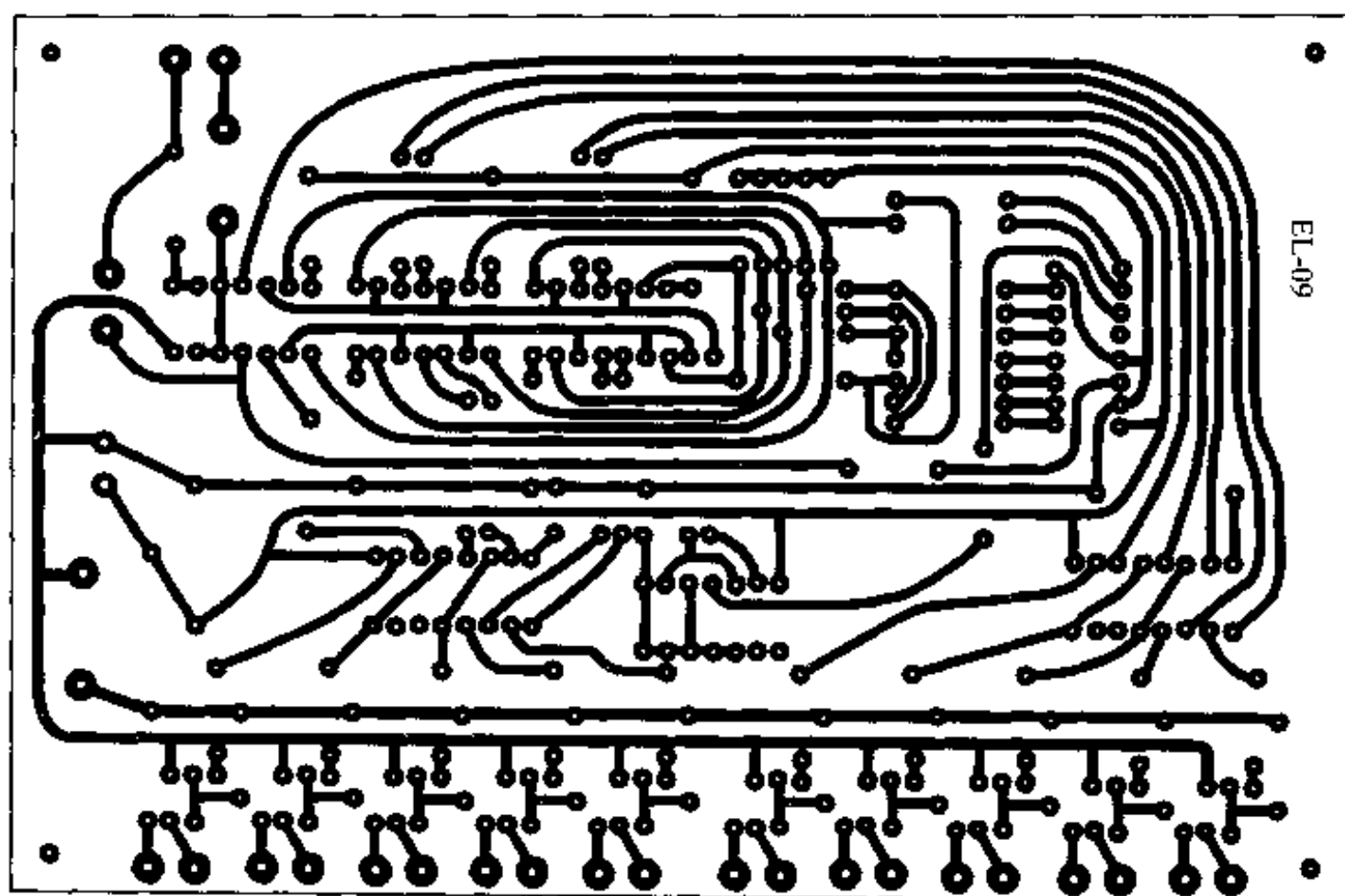


图 10 印制电路板图(原尺寸大小)

调整,运转,其他注意事项

(1) 考虑电路的原理就知道,振荡频率是输出波形(50/60Hz)频率的 20 倍。在输出波形频率为 60Hz 的情况下, $60 \times 20 = 1200(\text{Hz})$ 。即,进行调整产生 1.2kHz 的振荡。

(2) 在输出为 100W 的情况下,由于从蓄电池要流通 10A 程度的电流,必须使用能耐这样大电流的粗导线。

(3) 运转时,首先将加在变压器中点上的 12V 取下,仅仅向 IC 电路供给 12V,确认 IC 电路的波形。

(4) 最初先在无负载状态下进行运转试试看。滑线电阻调压器和 C_3 也都预先取下。

施加 12V 电源时,电流应在 10A 以下,当电流大于 10A 时,需要再一次检查是不是有错误的地方。如果电流小于 10A,可改变频率试试看。如果存在电流减少的方向,就预先设定在电流减少的地方。

其次,连接 C_3 。连接减少电流的抽头。再次改变频率,设定电流减少的位置。虽然变压器的制作与设计值之间会有差值出现,在无负载的情况下如果电流是 1A 左右,大体上就合格了。

实物布线图

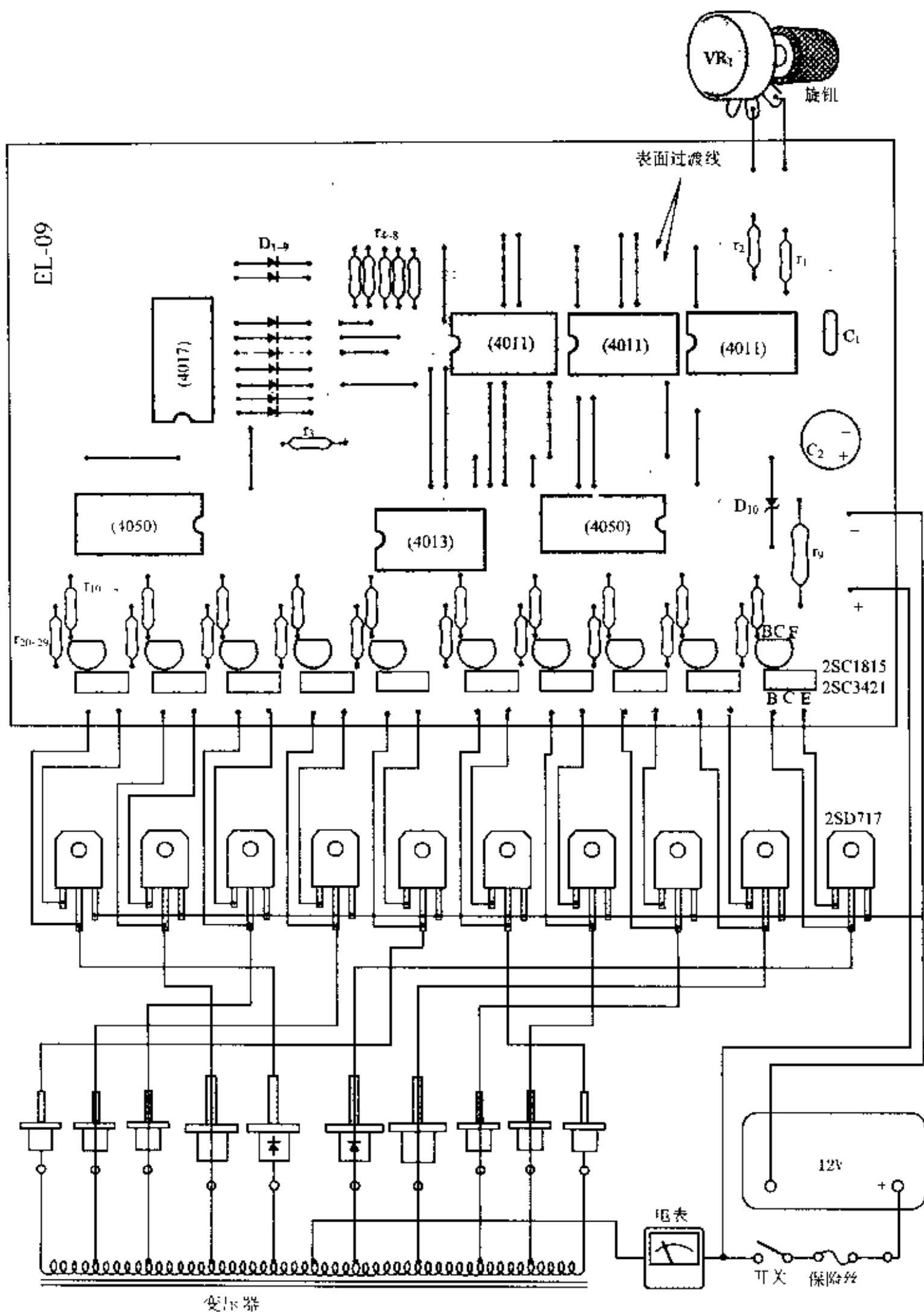


图 11 实物布线图

(5) 测定输出侧抽头的电压,在无负载的情况下,在 AC100V 程度的抽头上连接滑线电阻调压器。变更 C_3 的连接抽头,设定在电流最小的抽头上。

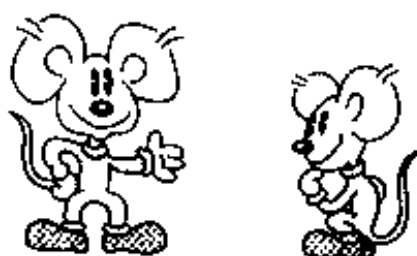
用同步示波器(示波器)观察输出电压的波形,应该几乎为正弦波。

(6) 以上的程序仅是作为一个大体的目标显示的,经过多次,各种各样的反复测试,就能自然理解它的性质,随着调整的进展,性能能够提高。这里, C_3 虽然是 $12\mu\text{F}$ 的 MP 电容器,但是变压器的设计、铁芯的材质也有差别,变更其他值试试看是有价值的。

(7) 人体在无负载状态下用 1A 程度调整好 60Hz 或者 50Hz 后,在滑线电阻调压器的输出侧上加上 AC100V 的负载试试看。电灯、荧光灯、电视机、微计算机、个人用计算机、电风扇、电钻等这些 100W 程度的负载也可以顺便拿来加上试试看。

加上了负载,电压会有若干降低,用滑线电阻调压器进行调整。电流随负载发生变化。大体流过 10A 程度的电流放置若干时间,观察功率晶体管、整流器、变压器等的温度上升情况。在温度超过容许范围的情况下,需要对这些部分加以改进。

经以上程序就完成了运转调试。设计的效果和性能全看试制者的能力了。



10

温度传感电路的制作方法和调整方法

检测温度,使用于测量或者自动控制.它是用于微型计算机外部设备的A/D转换电路输入用等实用性很强的电路实例.

希望读者都具有这样的能力,一旦需要这种水平的传感电路时,就能够很简单的自己动手制作出来以供使用.

该电路也是对在《OP放大器IC实验和工作手册》(OHM社)中的电路例进行实用型改良的电路.

电 路

图1是电路图。

温度传感器包括:二极管、 100Ω 铂电阻体和将铜线等缠绕自制的产品等,采用任何传感器都可以。

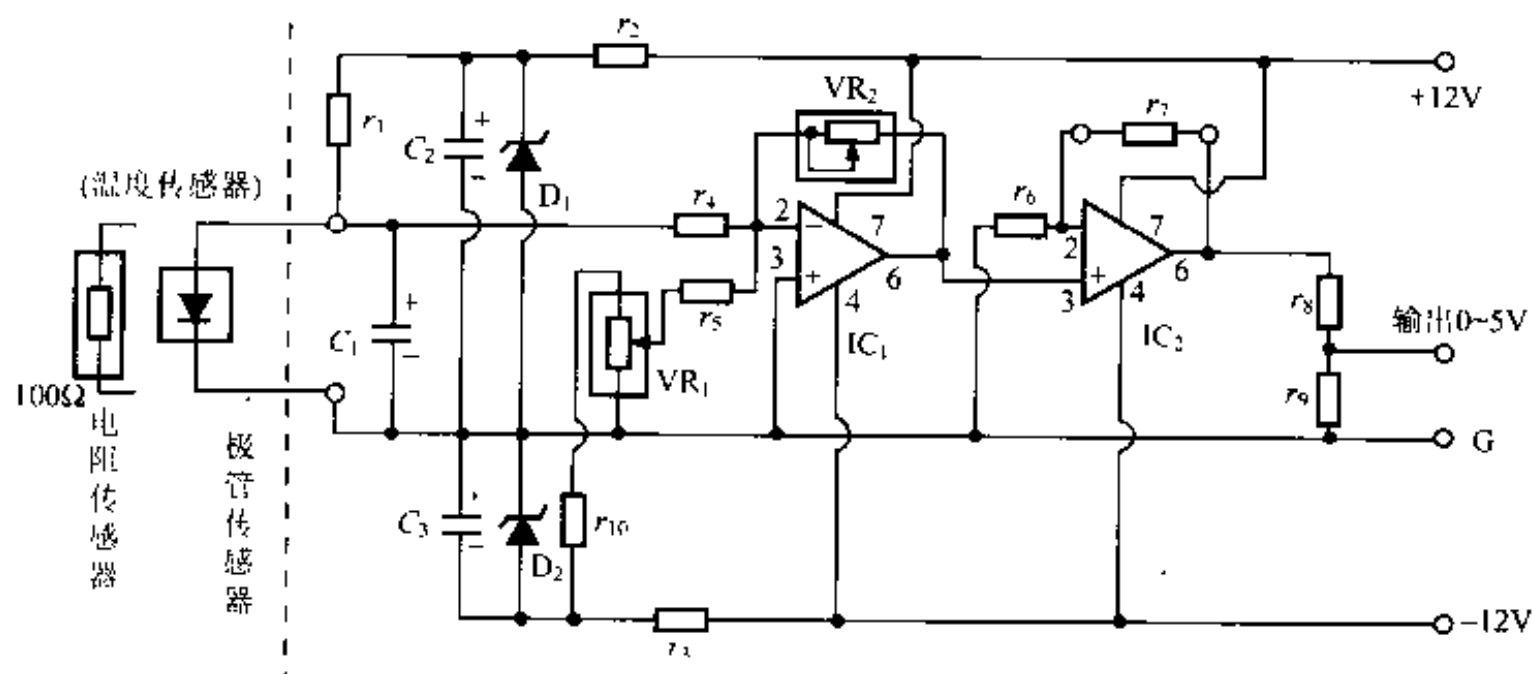


图1 温度传感电路

如果温度是低于 120°C , 二极管传感器是最简单最容易制作的。如果有现成的硅二极管什么型号都可以, 实验性地用一下, 就能立刻了解它的性能。

100Ω 的铂电阻传感器作为工业用传感器是放入保护管内的正式的温度传感器, 由专门的厂家在出售。了解这种传感器的人一定很多, 根据你的试验目的也可以使用这种传感器。

部 件

传感器	(1) 二极管 通用的一般产品 任何厂家都可以 (2) 铂电阻体 100Ω 多数是放入保护管的标准产品 (3) 自制
C_1	$10\mu\text{F}/16\text{V}$ 防止从传感器输入的感应, 必须使用优良产品 $10\mu\text{F}$ 是大体的标准, 也可以在 $0.1\sim 100\mu\text{F}$ 间任意变更试试看
C_2, C_3	$20\mu\text{F}/16\text{V}$ 程度
D_1, D_2	$5\sim 6\text{V}$ 稳压二极管(RD-6A) 任何厂家的都可以
IC_1, IC_2	OP 放大器 741
r_1	$20\text{k}\Omega$ $1/4\text{W}$ 优良品, 特别要求温度特性好的产品, 最好是金属膜电阻
$20\text{k}\Omega$	是大体的标准, 根据传感器在 $5\sim 20\text{k}\Omega$ 程度间变更
r_2, r_3	$600\sim 800\Omega$ $1/4\text{W}$ 调整到在 D_1 或者 D_2 上流通约 10mA 的电流即可
r_4, r_5, r_6	$10\text{k}\Omega$ $1/4\text{W}$
r_7	大体 $10\text{k}\Omega$ $1/4\text{W}$ 即可, 根据目的(输出电压的最大值)可以在 $100\Omega\sim 200\text{k}\Omega$ 间任意变更
r_8, r_9	r_8, r_9 合计约 $10\text{k}\Omega$ 程度, 在输出电压分压用时也可以用 VR 根据目的也可以省略 r_8, r_9
r_{10}	$10\text{k}\Omega$ $1/4\text{W}$ 调整时, 决定 VR_1 的变化范围, 根据目的也可以在 $5\sim 20\text{k}\Omega$ 程度间变化
VR_1	$1\text{k}\Omega$ 半固定电阻 印制电路板安装用
VR_2	$200\text{k}\Omega$ 半固定电阻 印制电路板安装用 VR_1, VR_2 从 100 日元以下 1 个的印制电路板安装用的到 1000 日元左右的螺旋形电位器都有。在该电路中, 如果追求高级, 最高价的部件就是 VR_1, VR_2 。

印制电路板

在自己制作的情况下,用硅二极管或者卷绕铜线达到 100Ω ($\phi 0.1\text{mm}$ 左右的漆包线)也可以。

我们不去深入分析传感器自身的工作。注意防水加工、绝缘对策、保护管等方面的问题就可以。

电路虽然简单,考虑到实用性,使用极高性能的部件是成功的诀窍。用便宜的部件,不精细的加工只能得到相应的精度和稳定度,当觉悟到这点时,就不会出现不满的结果。

制作方法

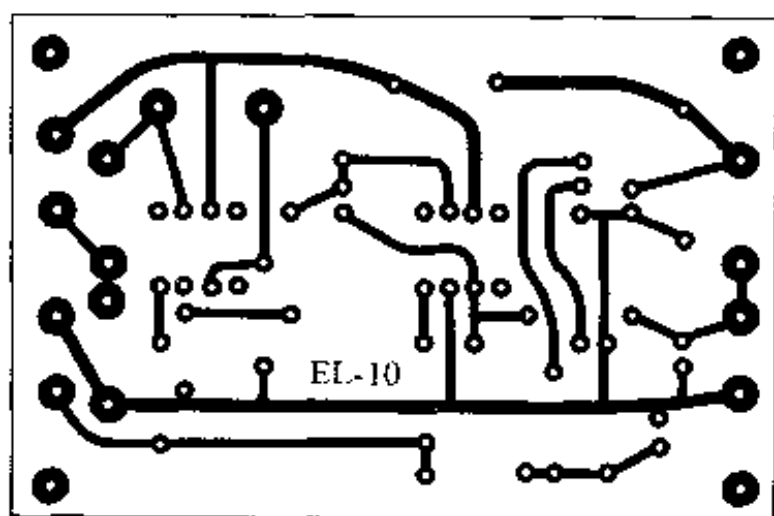


图2 印制电路板图(原尺寸大小)

图2是印制电路板图,图3是实物布线图。为了变更方便,对调整时可能变更的电阻,预先在印制电路板上打好 $\phi 2\text{mm}$ 的金属孔眼。该图形图中的 VR_1 、 VR_2 是多旋转的螺旋电位器。

调整

这种装置仅仅制作完毕是没有任何价值的,当开始精密地调整时它的价值才渐渐显露出来。这是测量技术的第一步。

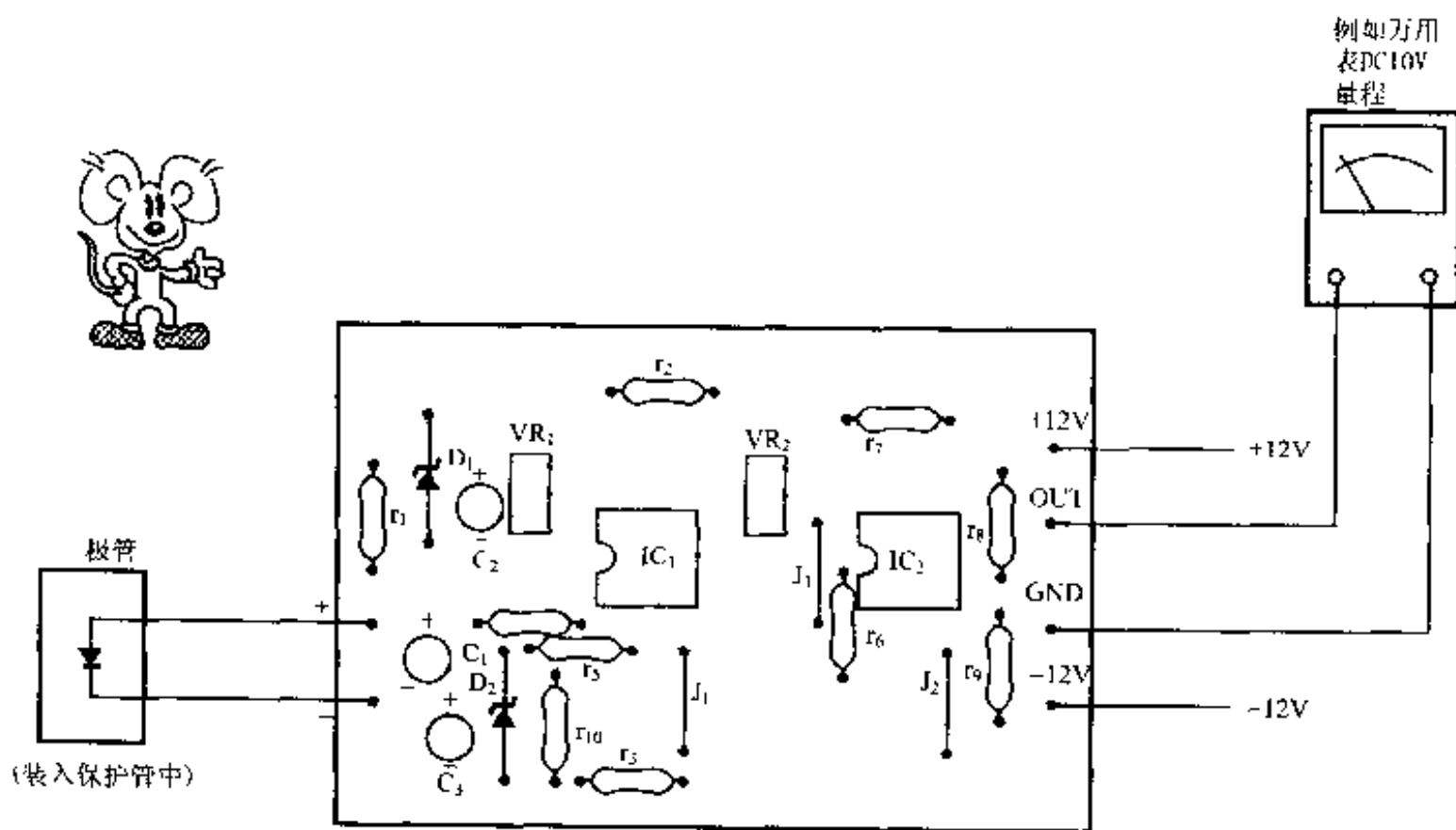


图3 实物布线图

• 准 备

如图4所示,准备放水或者油的容器,一个用加热器加热使它的温度上升到 100°C 左右,另一个放入冰使它的温度降低到 0°C 附近。分别将温度计放入容器中准备读取温度。

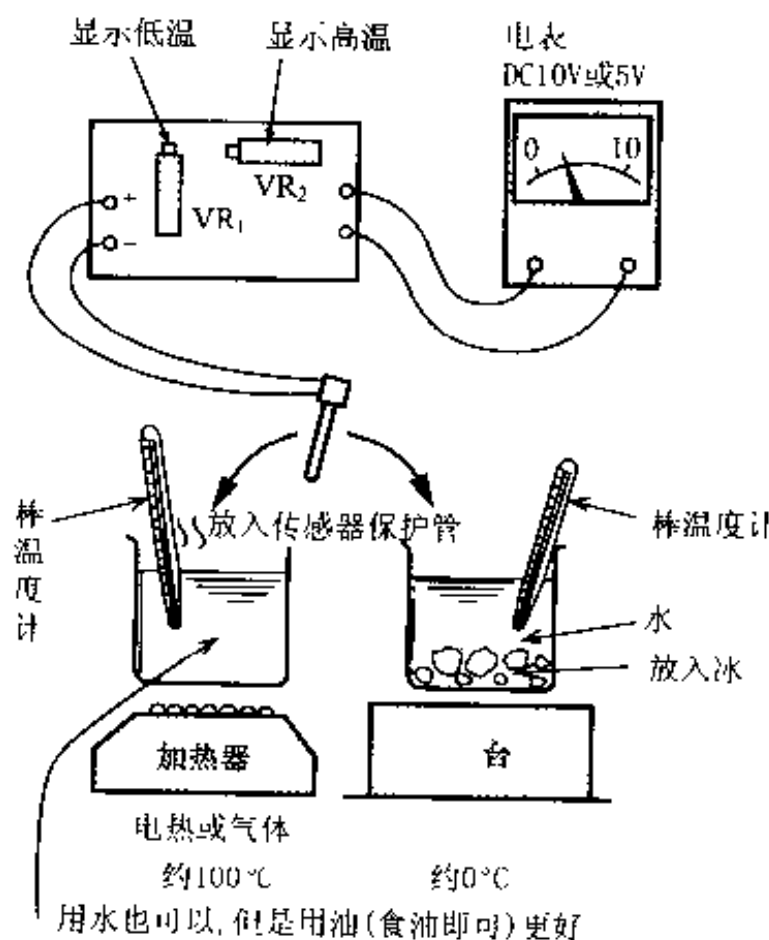


图4 调整的要点

(1) 将传感器放入低温,用 VR_1 将输出电表的指示调整为 0°C 附近(如果是 2°C 是 0.2V)。

(2) 然后,将传感器放入高温,用 VR_2 调整与温度对应的输出电压,例如, 100°C 是 10V , 90°C 时则应调整成 9V 。

(3) 再次将传感器放入低温,修正 0V 。

(4) 再次将传感器放入高温,修正高温指示。

将这一过程反复进行数次,甚至若干次,不要想着用一次、两次就能调整好。进行多次调整可以提高精度。

(5) 调整好最高、最低的刻度后,切断高温侧的加热器,使它一边自然冷却,一边读温度和指示值,在方格纸上描出特性曲线。反过来,再一边升温一边测量。在二极管传感器、电阻传感器中,特性曲线理应是近似直线。以后,如有必要,最好从专业技术书籍中深入学习。

• 问题点

当进行精密调整时,有以下问题:

- (1) 如果认真地看一下被称为棒温度计的一般市售温度计的精度时,一定会灰心丧气。怎样做才能知道正确的温度的绝对值?这是遇到的首要问题。
- (2) 需要了解传感器的延迟时间常数和保护管的关系。
- (3) 由 VR_1, VR_2 的稳定性及调整的具体情况了解选择的方法。
- (4) 必须了解在电路中使用的部件的温度特性,稳定性等等。如果对这些问题有较高要求,就必须有与之不可分割的高级对策。

总之,根据你的目的制作适当的产品,即使是最初的试制品也行,自己亲身体验是有价值的。

• 电 源

将上述的 $\pm 4 \sim 18V$ 电源调整到 $\pm 12V$ ($\pm 15V$ 也可以)使用即可。便携式的情况下也可以用干电池。

11

测量水溶液电导率(溶液的电阻值)的传感电路的制作及调整方法

测量水溶液的电导率,即溶液的电阻值到底用在什么地方呢?一般情况下是没有什么目的的,但是,在一部分专门的业务中它确实是一个极端重要的测量值.例如,在食品工业、水处理、其他化学工业中有着广泛的应用,进而,今后将会出现更为广阔的应用场所.

作为食品工业的一个例子,在豆腐生产厂中测量豆浆的电导率,在品质管理和工程标准中都要使用该测量方法,其他的产业也有同样的情况.

制作与这种目的对应的电阻值测量仪试试看.

电路及其要点

图 1 是电路图。以下测量条件必须满足:

- (1) 溶液一般接地。因此,测量电路应从接地浮空。
- (2) 由于产生电解分解将引来烦恼,有必要作成交流桥。
- (3) 由于溶液的电导率的差别很大,测量电路必须能与广范围的电阻值对应。
- (4) 不要使用对人体有危险的电压。

图 1 的原理是:

(1) 用 IC₁ (CMOS IC 1049) 多谐振荡器产生数千赫[兹]的矩形波振荡,用 Tr₁, Tr₂ 将矩形波放大,施加在绝缘变压器 T₁ 上,在次级输出 10V 程度的矩形波交流。

(2) 电极连入到 r_s、电极、VR₁ 的交流桥的一边上。

(3) 用 T₂ 将桥的输出绝缘,施加到同步整流电路上。

(4) 由 IC₂ (CMOS IC 4066) 的模拟开关进行同步整流。

(5) 整流过的直流电压在+、-间振动,用 OP 放大器施加偏置电压,结果是如果调整到所希望的测量范围 0~5V 或者 0~10V 等的电压振幅,就调整完毕。

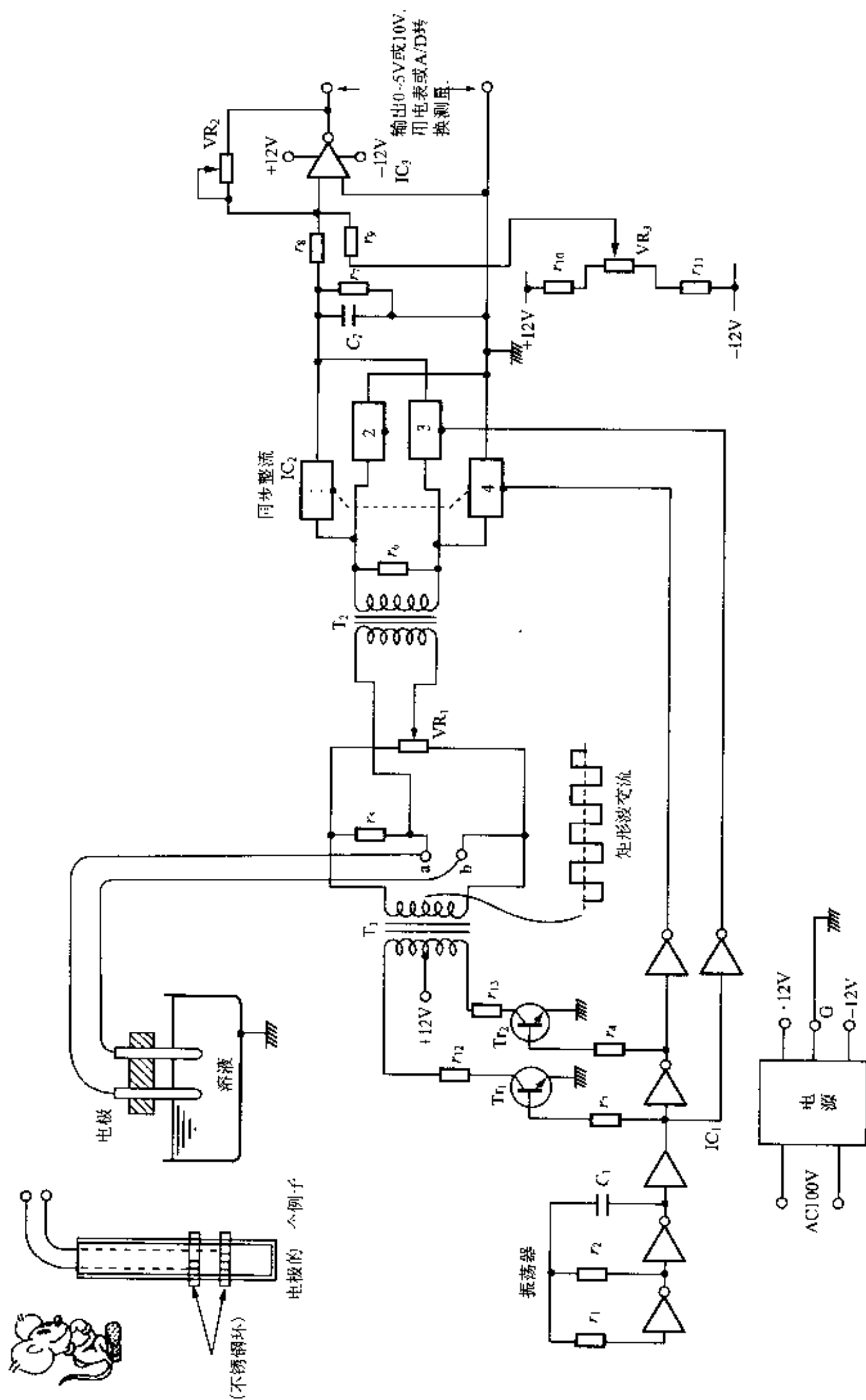


图1 溶液的电阻值测量电路

11 测量水溶液电导率(溶液的电阻值)的传感电路的制作及调整方法

如对多谐振荡器、模拟开关等电路,OP放大器的偏置电压施加方法不了解,请参考以下参考书,认真研究,具备必要的知识:

《数字 IC 实验和工作手册》(OHM 社)

《数字 IC 实验和工作手册》(续)(OHM 社)

《OP 放大器实验和工作手册》(OHM 社)

使用模拟开关的同步整流或者相位整流的电路,是在高级的测量仪器中广

部 件

IC₁ CMOS IC 4019 缓冲倒相器 任何厂家的产品都可以

IC₂ CMOS IC 4066 模拟开关 任何厂家的产品都可以

IC₃ OP 放大器 IC741 任何厂家的产品都可以

Tr₁, Tr₂ NPN 型 60V 1A 程度的产品 例如:2SC3419

T₁, T₂ 晶体管电路用变压器,线圈比为 1:1 或者 1:2; T₁ 带有中心抽头

如果是手工制作,在小的铁芯上初级、次级同时缠绕 1000 匝左右就可以

C₁ 0.01 μ F 决定矩形波的振荡频率根据目的也可以在 0.001~0.1 μ F 间任意变更

C₂ 0.1 μ F 同步整流后的脉冲性噪声滤波用

根据制作目的也可以在 10~0.01 μ F 间任意变更

r₁ 1M Ω 1/4W

r₂, r₃, r₄,
r₈, r₉ } 10k Ω 1/4W

r₅ 大体可以用 20k Ω 1/4W 实验即可

因为是桥的一边,最好根据目的溶液的电阻值判断决定

r₆ 10k Ω ~100k Ω 也可以省略

r₇ 100k Ω 1/4W

r₁₀, r₁₁ 4.7k Ω 1/4W

r₁₂, r₁₃ 1.2k Ω 1/4W

VR₁ } 10k Ω VR
VR₃ } 虽然用售价 100 日元以下的半固定电阻(印制电路板安
10k Ω VR 装用)也可以进行实验,但若考虑到实用,仍需要使用近
VR₂ 200k Ω VR } 1000 日元的多旋转螺旋电位器型半固定电阻

印制电路板

电源 +- 12V 200mA 程度电极

电极 必须根据目的制作。最初实验时,也可以用电线试试看

泛使用的电路方式,进行认真的研究是有价值的。

图2是印制电路板图。图3是在印制电路板上的实物配置图。因图形的需要,有表面连接线。

印制电路板

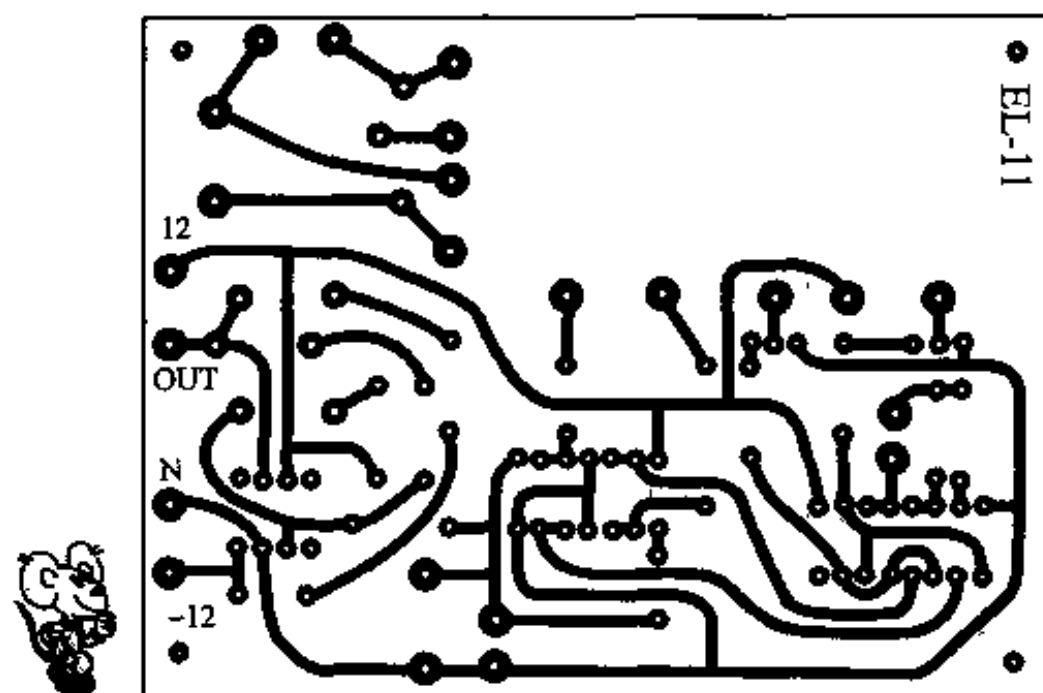


图2 印制电路板图(铜箔面)

实物布线图

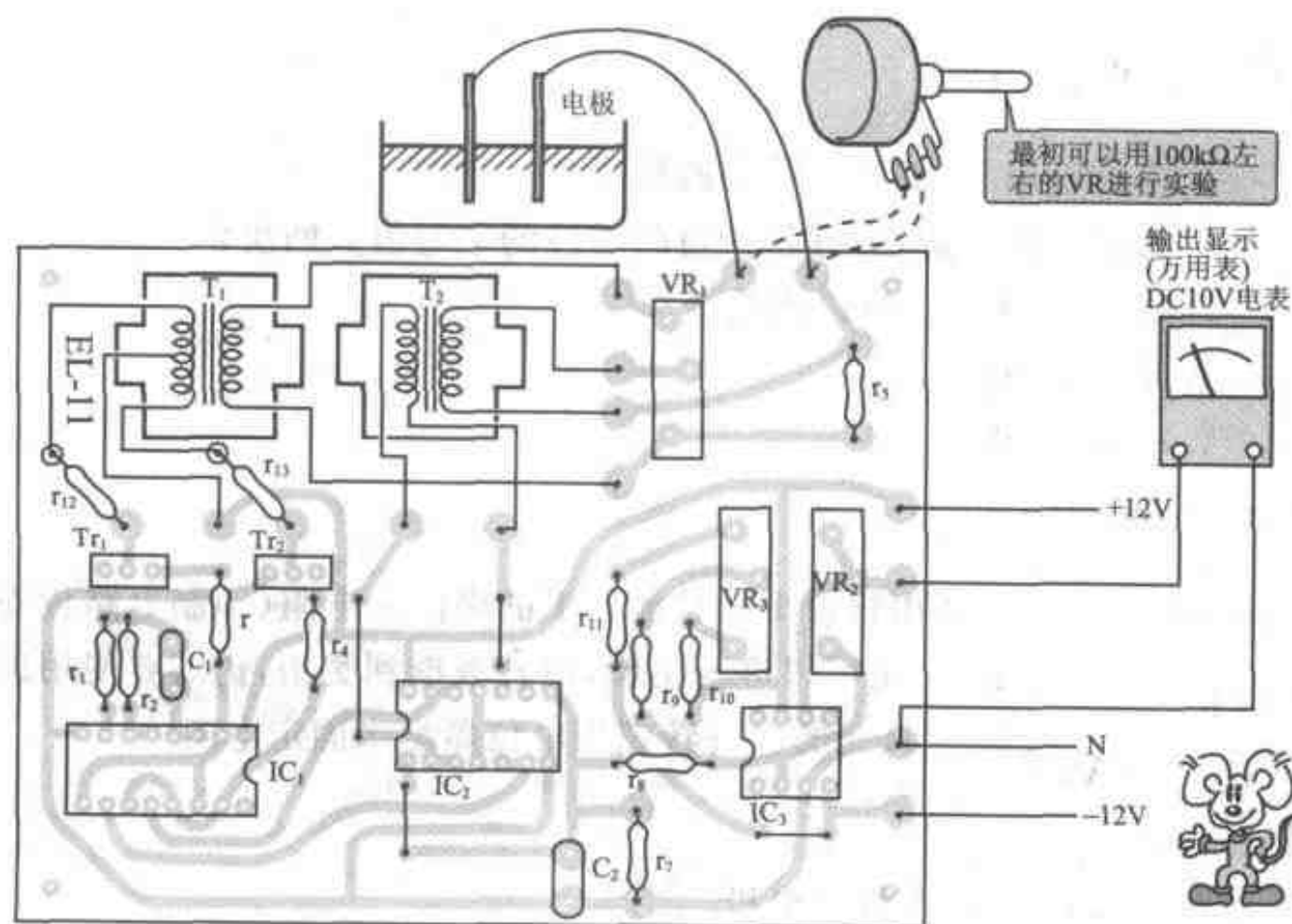


图3 实物布线图

电路的问题点

虽然该电路中首要的问题是究竟使用怎么样的变压器才好的问题,这个问题的关键是只要有适当的变压器就可以,因此,自身体验过知道这样的电路使用这种程度的变压器就可以,具备这样的知识是最重要的。不要害怕使用从现有的变压器中、甚至从废品中挑选出来或者自己手工制造的产品,也许就能找到合适的。这是需要研究的事情。

电路的调整,最初不是电极,而是安装 VR(可变电阻),在它上面安装刻度板,以便能够读出大致的电阻值,然后,变化这个值进行调整使输出的电压符合希望的指示值即可。

研究课题

(1) 变压器的选定或者自己制作时的设计、工作方法。

(2) 振荡频率的决定。最初可以大致用数千赫($2 \sim 5\text{kHz}$)的频率试试看。电路的目标是在 T_1 的输出侧,即在电极桥侧输出正确的矩形波的情况下,由变压器的性能决定频率的下、上限。

可以用改变 C_1 、用 r_2 置换 $10\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ VR 使它在 $10\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ 间变化的方法,使频率在广范围内改变。其次,必须判断该频率是否适合测定溶液。

(3) 电极的研究。虽然电极如何制作是自由的,如果该产品是商品,该电极的结构、设计将支配商品的价格。

虽然只要进行实验就能明白,但是,因为这并不仅仅是由溶液决定,它是单纯的电阻测量桥,因此,应该自由的设想它的应用。

(4) 初次使用同步整流电路的各位读者,有必要对该方式进行认真的研究。

(5) 究竟将输出电压设定于什么范围,是简单的使电表振动一下,或是设在+、-间振动而以零点为中心的电表上,或者是将该输出施加在 A/D 转换电路上送入微计算机中等,根据不同目的决定运算放大器电路的调整。

(6) 刻度精度的确认。在电路大体调整完毕后,最终的,有必要预先正确地测定在电极上的电阻值和输出电压的关系。预先准备好几支电阻值在数十欧至数十千欧之间,知道准确电阻值(例如:1%,0.5%的电阻等)的电阻,将该电阻安装到电极上,在方格纸上作出电阻与输出电压的关系图表,有必要作出指示值是直线变化还是曲线变化的明确的校正表。

(7) 由于是测量仪器,因此在完成后,还有必要再一次变化电源电压(AC100V),变化周围温度进行观察,确认长时间运转时有无漂移等各种事项。



12

功率因数或无功功率(无功电流)传感器的制作

在电力的管理技术中,要求检测出功率因数或无功功率,送入微计算机中用于控制的要求越来越多。

这里使用的电路方式是在《继电器电路实验和工作手册》(OIH社)一书中提出的电路基础上改良而成的实用电路。详细的原理请参照上述参考书认真学习,这里仅限于介绍具体制作。

无功电流传感器及其电路

图1是无功电流传感器,如果考虑恒定电压它几乎与无功功率成比例。输

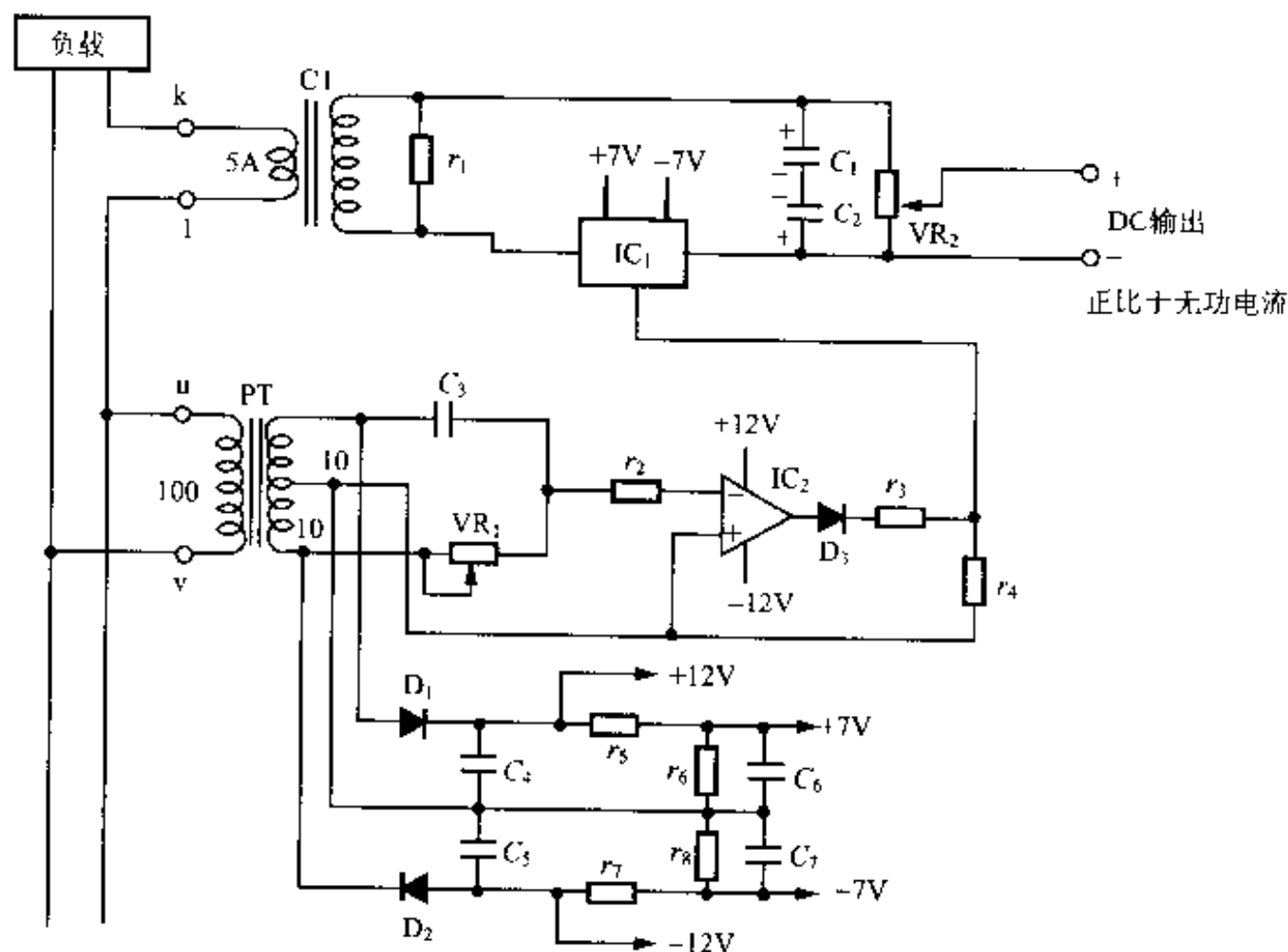


图1 无功电流传感器的电路图

出或快或迟以+、-极性反转的直流电压输出。最大输出是数伏,约5V程度,能够直接加在A/D转换电路上。还有,也可以加在直流电压表,或者用直流 $\pm 100\mu\text{A}$, $\pm 1\text{mA}$ 程度零中心的电表指示。

功率因数传感器及其电路

图2是功率因数传感器,功率因数或快或慢,以+、-极性反转的直流电压输出。功率因数为100%时,输出为零。

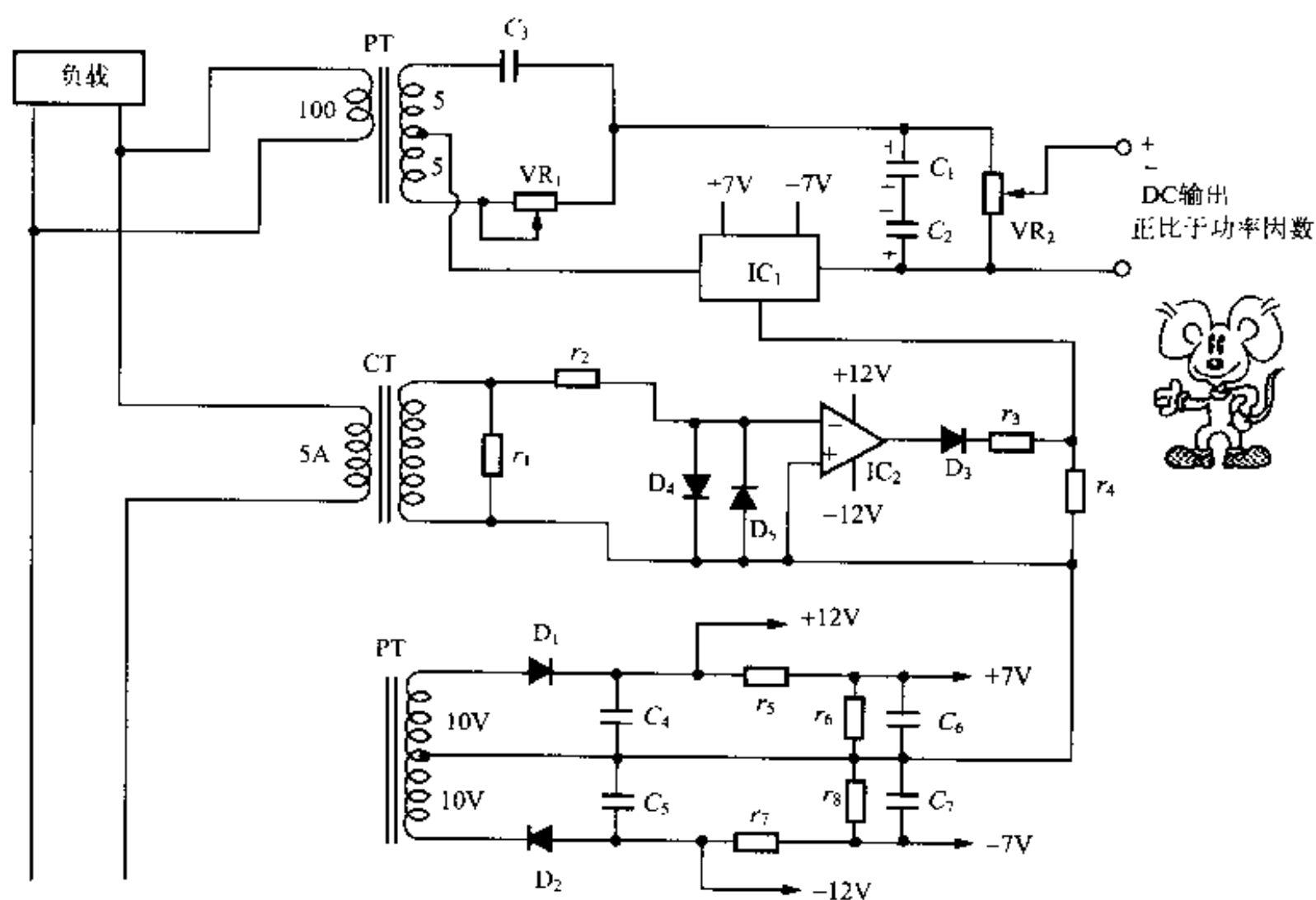


图2 功率因数传感电路

电路的分析方法

虽然图1和图2中电路的结构几乎相同,但仔细观察就会发现CT和PT的位置正好相反。图3示出在单相情况下检测无功电流时的相位关系,使用CT使与电流成比例的电压以比PT的电压位相延迟 90° 的电压,经相位整流后输出。

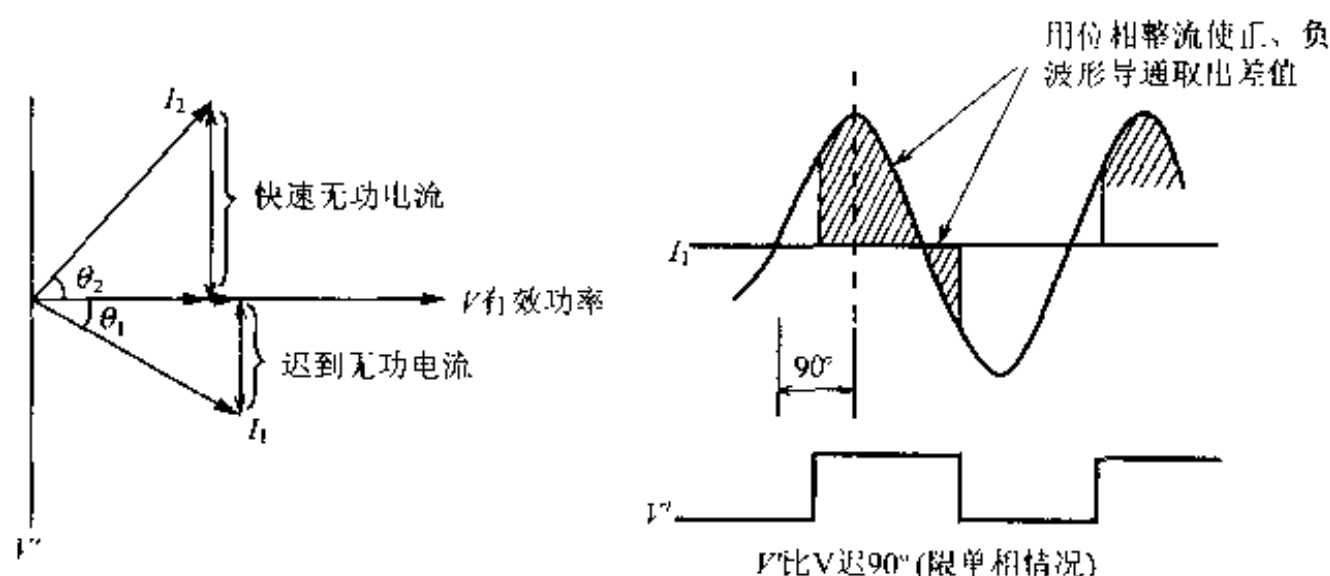


图 3

虽然在《继电器电路实验和工作手册》(OHM 社)一书中提出的电路使用的是晶体管,但这里是用运算放大器和模拟开关进行的实验。当然,与晶体管电路的情况相比,精度有一些提高。

在图 1 中,运算放大器,模拟开关的电源与土隆(Tourlon)电路(C_3 、 VR_1 的电路。称为土隆电路。即相位控制电路)的电源是共用的,在图 2 中,由于土隆电路必须从运算放大电路中省掉,就不能将土隆电路的电压原样不动地使用在电源上。为此,在 PT 上另外设置其他线圈,制作电源。如果在图 1 所示电路中电源也采用图 2 所示的电源,可以确认电源的性能更优越。如果从要进行两方的实验考虑,应该从最初就采用图 2 所示电源的方法。

虽然在图 1 和图 2 中都将 CT 写作 5A,但在单相的情况下不是 5A,必须是 10A 或者 30A。5A 是考虑加入 CT 的 5A 电路的称为辅助 CT 的考虑方法。

虽然在三相电路的情况下,土隆电路的相位调整到 120° 或者 60° 为好,这里的说明未用。

印制电路板

图 4 是图 1 的无功电流传感器印制电路板图。对于图 2 所示电路可参照该图自己制作。图 9 是图 1 方式的实物图。

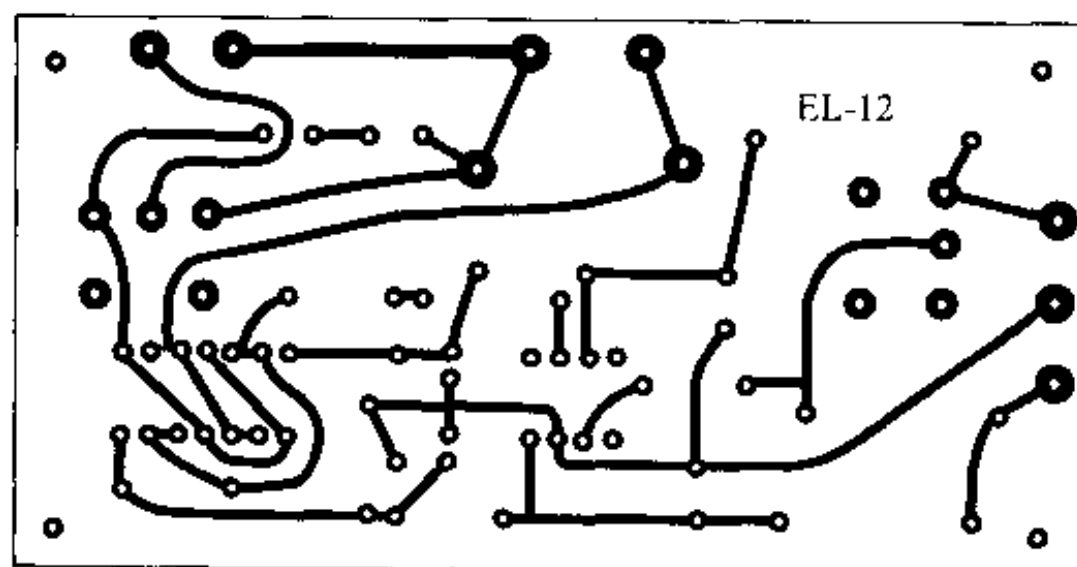


图 4 无功电流传感器印制电路板图

部 件

(图1,图2 共用)

PT	初级 100V 次级 10V×2 100mA 程度(图1)
	初级 100V 次级 5V×2 10V×2 各 100mA 程度(图2)
	CT(辅助 CT) 初级 5A(绕 4 匝)次级绕 1000~3000 匝 ϕ 0.1~0.2 mm
	制作方法参照正文
IC ₁	模拟开关 C MOS 4066
IC ₂	运算放大器 IC 741
r ₁	1/2W 参照本文
r ₂ , r ₃ , r ₄	10k Ω 1/4W
r ₅ , r ₇	1k Ω 1/4W
r ₆ , r ₈	1k Ω ~1.5k Ω 1/4W
VR ₁	10k Ω VR。不要用 100 日元以下的半固定 VR,要用稍大型的产品
VR ₂	10k Ω VR。也可以用 100 日元以下的印刷电路板用半固定 VR
C ₁ , C ₂	220 μ F/16V
C ₃	0.5 μ F/50V。可以用 MP 或者薄膜电容,不能用电解电容
C ₄ , C ₅	220 μ F/16V 电源用
D ₁ , D ₂	硅整流器 1A/100V 任何厂家的产品都可以
D ₃	硅二极管 任何厂家的产品都可以
D ₄ , D ₅	硅二极管 任何厂家的产品都可以(仅限图2)



CT 的制作方法

图5示出了CT的制作方法。CT的设计。图5中, I 为初级电流, 设为 5A; n_1 为初级的匝数, 设为 4 匝; n_2 为次级的匝数, 设为 3000 匝; i 为次级电流; r 为使次级电压输出的电阻; V 为次级电压, 大体设为 4V。

在 CT 中, $n_1 \times I = n_2 \times i$ 的关系式成立。CT 的次级侧浮置(开放)是危险的, 必须附加电阻负载。在次级浮置的情况下, 一旦在初级上流通电流就会产生高压, 引起绝缘破坏, 还有触电的危险。

电阻 r 的值由输出电压是几伏决定。

在上述条件下,

$$n_1 \times I = n_2 \times i, \quad 4 \times 5 = 3000 \times i$$

$$r = V/i, \quad i = 20/3000 = 6.66(\text{mA}), \quad r = 4(\text{V})/6.66(\text{mA}) = 600(\Omega)$$

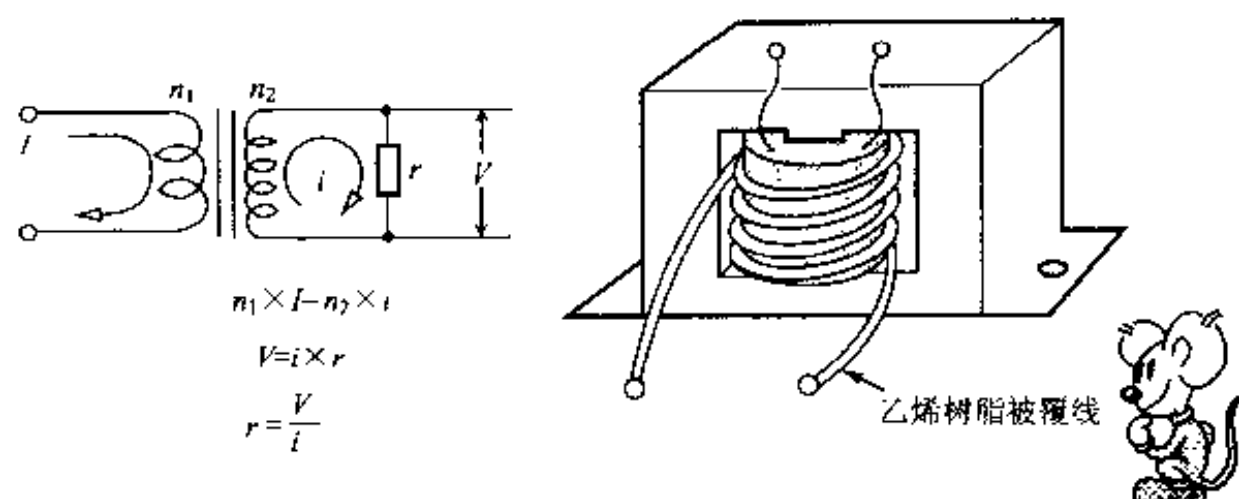


图5 CT的制作方法

如果 r 连接 600Ω , 当初级流通 $5A$ 电流时, 在 r 上就能输出 $4V$ 的电压。

CT 的负载为: $4V \times 6.6mA \approx 0.03V \cdot A$, 可以忽略。

该例中的次级线圈 3000 匝稍微多了些, 1000 匝程度足够。

最简单的制作方法是将小型的电源变压器的铁芯分解, 取出次级线圈, 再将铁芯组装, 然后在间隙上各通一匝聚氯乙烯线卷线上就能简单的制成。虽不知道间隙的状况究竟能够卷 4 匝还是 5 匝, 可能的话, 我们的目标是卷 5 匝~ 10 匝。

使用变压器的初级线圈(AC100V)的情况下, 虽然不能明确的知道匝数, 但是应该改变它的电阻值, 使得后面流通电流时能够得到所希望的电压。

PT 与普通的变压器同样即可, 使用适当的现有的产品就可以。

图 6 示出使用模拟开关的条件。

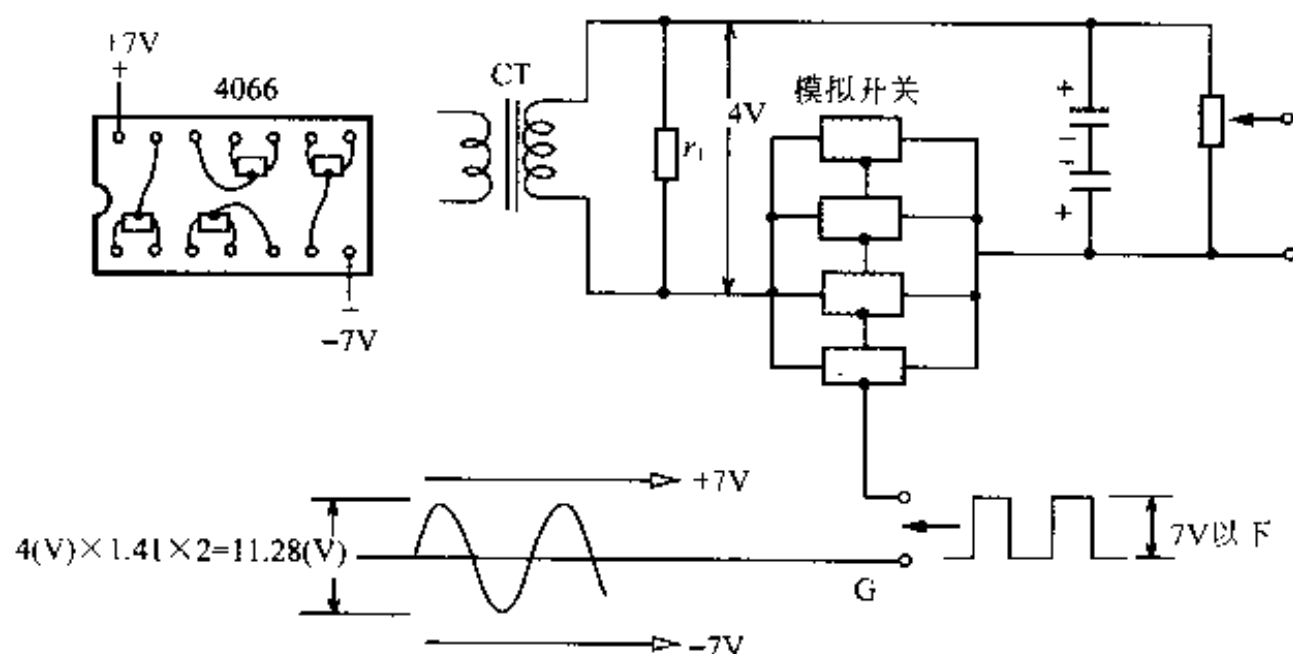


图6 模拟开关的条件

由于模拟开关施加交流电压(十、-振动的电压),电源为 $\pm 7V$ 。在这种情况下,所通电压的最大值不能超过 $7V$ 。

设CT的输出电压为 $4V$,则

$$4 \times 1.41 \approx 5.6(V)$$

当电源为 $7V$ 时,对该值是具有很大大余量的。

控制电压虽然是加在运算放大器上的输出电压,该电压的峰值也不能超过电源电压的 $7V$ 。

由于运算放大器的电路使用在比较电路中,输出电压的峰值是从电源电压减去约 $1V$ 的值,在现在的情况下,由于电源是 $12V$,它就是约 $11V$,将它用 r_3 , r_1 分压 $1/2$,取出约 $5.5V$,用作控制电压。

模拟开关的输出侧的 C_1 、 C_2 是滤波电容器,这里由于相位在十、-间振动,该滤波电容必须是无极性的,可将2个电容器方向相反地串联连接使用。

图7示出将该输出加到A/D转换电路上的情况下,衬垫电压的施加方法。例如A/D转换器的输入条件如果是 $0 \sim 5V$,将十、-振动的电压A/D转换时,将它的零点抬高到上述电压中心的 $2.5V$ 电压作为零点,将这时的偏置电压作为A/D转换侧的电源,在该图中是 $5V$,应使用这个电压制作电路。就是说,施加的十、-振动的电压如果不预先设定在最大 $\pm 2.5V$ 以内,A/D转换器的输入就过载了。

■试运转、实验、刻度校正等都是电气技术的本职工作,请各位自己作好这些工作。

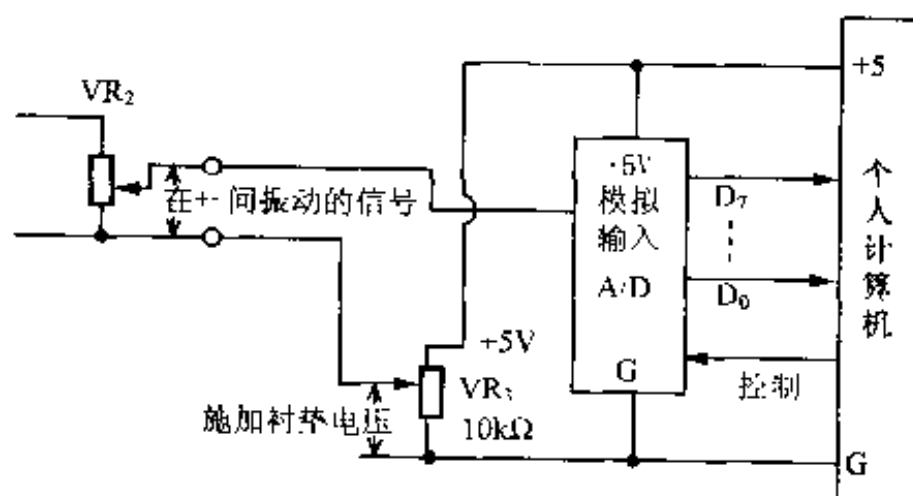


图7 与A/D转换组合的情况

实物布线图

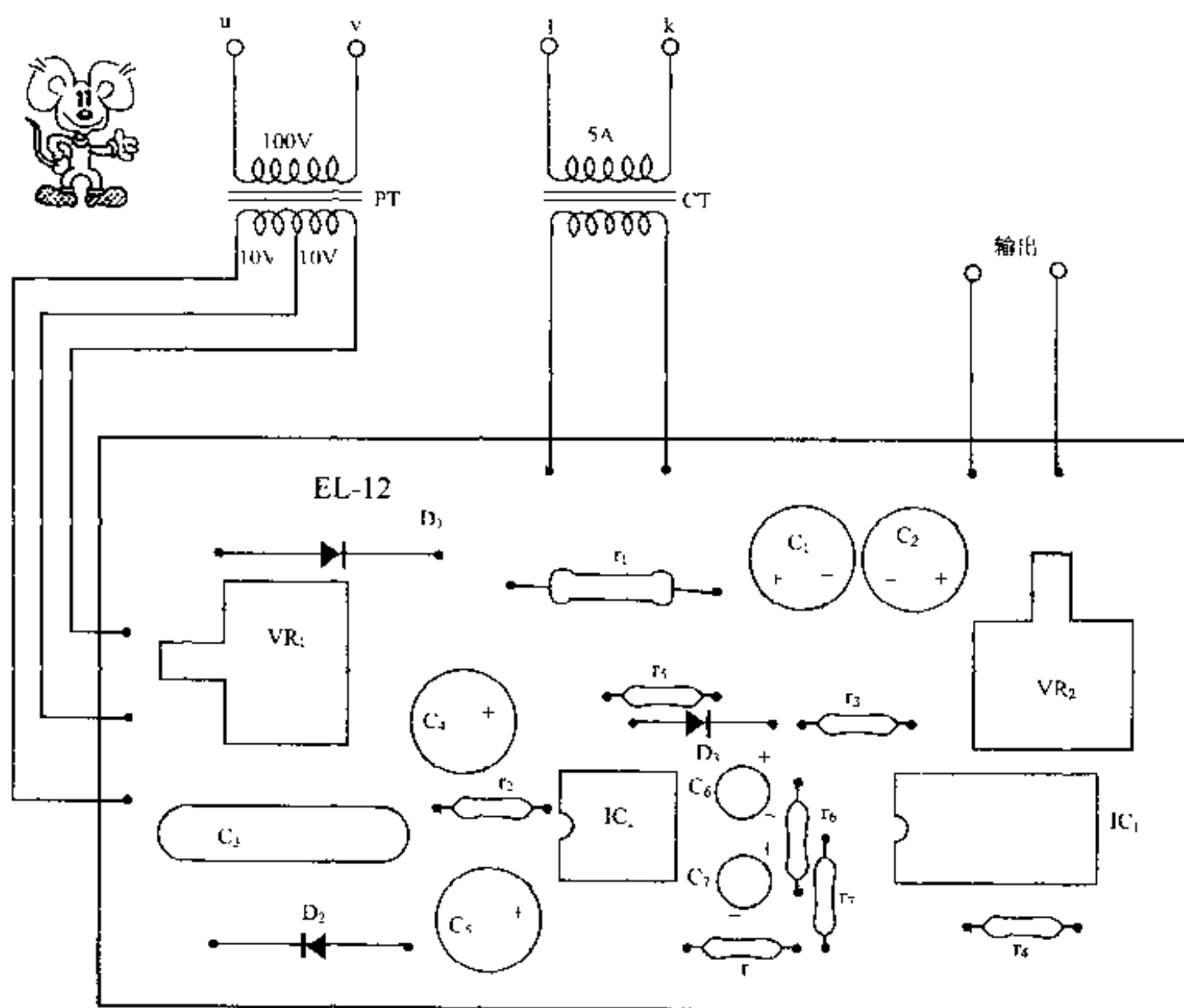


图8 实物布线图

参考意见

在实用的情况下,存在着是选择图1的无功电流(无功功率)电路还是选择图2的功率因数传感电路的问题。

(1) 从初学者的观点看,用功率因数传感电路处理容易理解也省时间。

(2) 对电气技术的专门家来说,不用无功功率处理毫无意义。这一点读者应该很清楚。

13

播放顺序发生器的 制作方法

所谓播放顺序发生器是一个好听的名称,重要的是它是试图存储顺序的RAM(存储器)装置.没有CPU,因此没有程序的软件,也许可以说是硬件主体的微型计算机之类的装置.

总之,对微计算机感兴趣的读者,如果特别认真地投入的话,保证微计算机将成为你最好的帮手.

什么是播放顺序发生器

我们到底要做一个什么装置呢?试分析图1所示的配电盘配置图。

(1) 带有8个输出继电器。

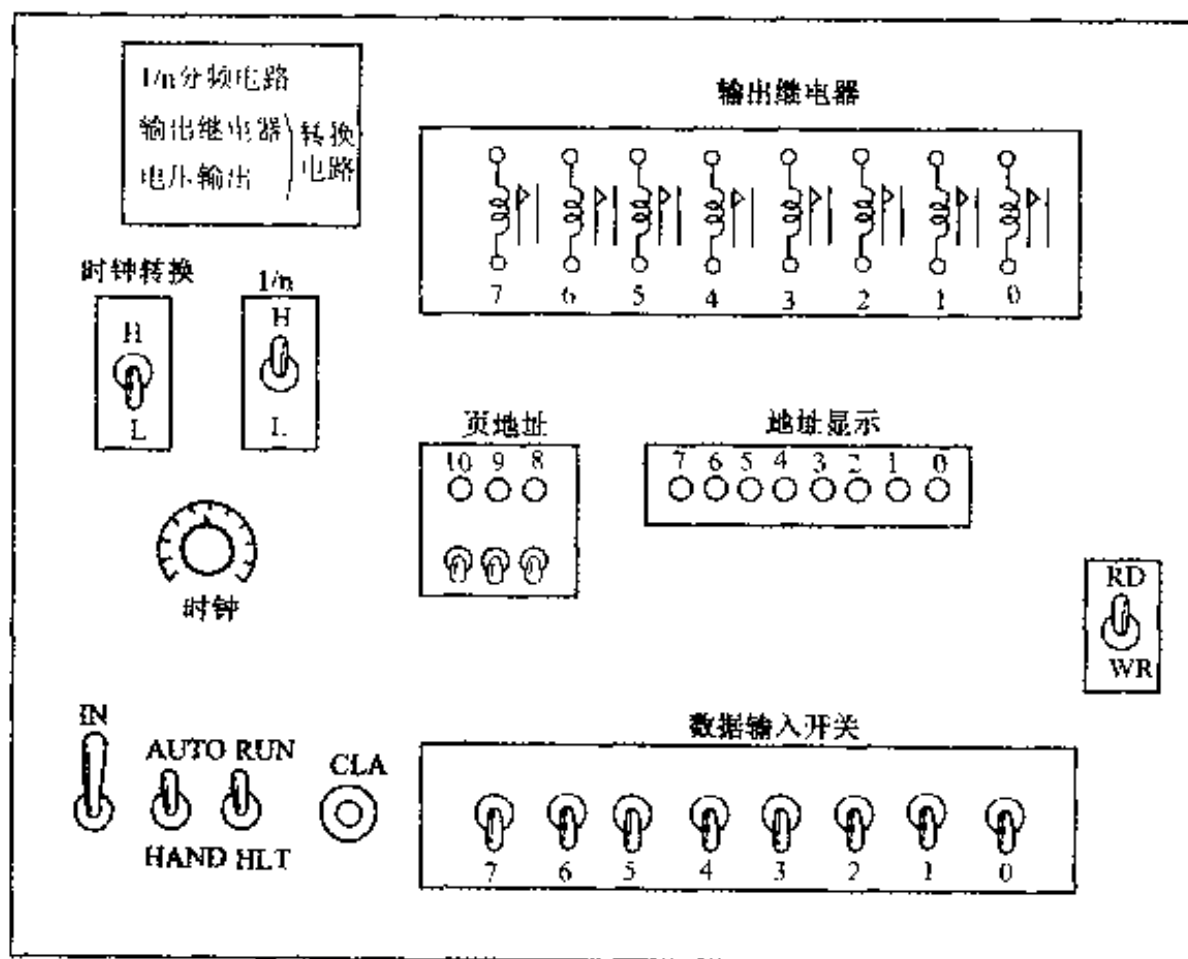


图1 配电盘配置图

- (2) 带有 8 个输入开关。
- (3) 带有 8 位地址指示灯
- (4) 带有 3 位的页面地址指示及开关。
- (5) 带有 RD/WR, 读、写开关。RD(读)——存储器读出, WR(写)——存储器写入。
- (6) 带有 CLA(复位)按钮。复位是将地址回归到 0 地址(开始)。
- (7) 带有 RUN/HLT 运行、停机开关。RUN(运行)——地址跟随时钟走, HLT(停机)——地址停止。
- (8) 带有 AUTO/HAND 自动、手动开关。AUTO(自动)——地址随振荡器的输出自动的前进, HAND(手动)——地址用 IN 开关前进。
- (9) 带有 IN 开关。IN 开关是反跳式开关,也可以是按钮开关。手一放开,就返回到原位的开关,按一次 IN,地址前进 1 位。
- (10) 带有使时钟(地址前进的频率)变化的电位器和旋钮。旋转它们频率(时钟)就变化。
- (11) 带有 H/L 时钟转换开关。由 H/L 的转换能够大幅度地改变时钟。
- (12) 虽然带有 1/n 的 H/L 转换、输出继电器、电压转换电路,但由于最初并不用,这里的图中看不见。

此外,还有开关、指示灯等。

下面,介绍播放顺序发生器的使用方法。

顺序发生器按它的输入方式分为分步输入方式和自动分步方式。



分步输入方式

所谓分步输入,就是对每一个地址规定数据,用手动使地址前进的方式。

- | | |
|---------------------|--|
| (1) 准备 RD/WR → 下 WR | } 实际上在继电器的输出上连接接点,应该连接马达、灯、加热器等目的装置,重要的是要一边联想这些事情一边动手处理。 |
| RUN/HLT → 上 RUN | |
| AUTO/HAND → 下 HAND | |
| 页面开关 8,9,10 → 下 | |
| 地址显示 8,9,10 熄灭 | |

- (2) 按下 CLA → 地址显示全部熄灭。

由以上步骤准备完毕后开始写入。

- (3) 将输入开关 0~7 中的一个,或者全部任意地置于 ON(上)。对应的继电器置于 ON。如果在继电器的接点上连接了某个装置,例如连接了马达,马达就旋转。这一步顺利完成时,按下 IN 开关。地址显示为 0 的灯泡点灯。地址从 0 号前进到 1 号地址。

(4) 也可以变更输入开关 0~7, 如果想继续维持此前的状态, 也可以保持原来的状态。如果顺利, 按下 IN 开关。地址灯 0 熄灭, 1 点亮。地址前进到 2 号地址。

(5) 这样, 决定数据(继电器 ON, 连接的装置运转), 如果进展顺利按下 IN 使之存储, 将这一动作反复进行, 直到地址显示灯 0~7 全部点亮, 将结果写入 256 步。

(6) 例如, 当在 240 步完成预定的一连串动作时, 将 0~7 开关全部 OFF, 将 IN 开关前进到 256 步为止(直到地址灯 0~7 全部点亮为止)。

(7) 将 RD/WR 开关置于“上”, 置于 RD。

(8) 按下 CLA, 地址成为 0 号。0~7 号灯全部熄灭。

(9) 用手按 IN 开关时, 地址就每次前进 1 号, 继电器如已存储的那样动作。按 256 回时, 返回到原处, 从最初开始再一次重复同样的事情。

(10) 在地址的中途, 希望返回到开始状态时, 按下 CLA(复位)即可。

(11) 将 AUTO/HAND 开关置于“上”, 设为 AUTO(自动)试试看。地址自动前进, 同样的事情自动反复。它的速度由变更时钟的 H/L 切换开关, 时钟的 VR(电位器)决定适当的速度即可。

(12) 在中途希望停止时, 将 RUN/HLT 开关置“下”, 置于 HLT, 就在那里停止。一旦置于 RUN, 又从那里开始走出。

(13) 页面地址用开关 8, 9, 10, 选择 8 页。结果是, 能够存储 8 组现在写入的 256 步的动作。

(14) 即使电源切断停止, 由于 RAM 用电池支持着(保持着), 现在写入的数据也能长时间保持不丢失。电池的消耗是微安(μA)级。

自动步进方式

所谓自动步进方式, 就是在地址自动地前进中, 按照规定的时间间隔操作数据输入开关, 因此, 输出继电器也对应地动作, 连接的装置也动作, 自动地将这种运转形式存储下来。

这是一种人们操作手柄(数据输入开关), 运转连接在继电器上的装置, 将这一过程存储起来, 然后, 根据该存储, 将同样的事情自动地多次重复的方法。

为了用 256 步设计 1 页的存储能力, 必须设定时钟频率, 使得一连串的动作能够在 256 步完结。

若能清楚上述过程, 就能够根据制作目的变更设计。例如, 规定一连串的动作是 2000 步(从而, 停止页面地址的思考方法)将 2000 步分为 10 分钟时, 每分钟 200 步, 它的分辨率为每秒钟 3.3 步, 也能够存储规定相当细的动作。

这里我们仅做 256 步的试试看。例如,必须考虑将时钟设定为 1 秒时,用 256 秒(约 4 分钟多一点)完成一连串的动作,设定为 0.5 秒时则用约 2 分钟就能完成一连串的动作。

(1) 准 备

RD/WR \rightarrow WR(下)

RUN/HLT \rightarrow HLT(下)

AUTO/HAND \rightarrow AUTO(上)

(2) 按下 CLA,地址变为 0 号地址。

(3) 事前,将时钟频率调整到目的值。(以上步骤为准备工作,下面进入存储动作。)

(4) 置 RUN/HLT \rightarrow RUN(上)。地址走动。调整数据输入开关到目的值,进行 ON,OFF 操作。

(5) 当地址接近 256 步时,将数据输入开关全部 OFF,置 AUTO/HAND \rightarrow HAND(下)。

用手按下 IN 开关,使地址前进到 256 步。地址成为 256 步时,置 RD/WR \rightarrow RD(上)。

(6) 由以上过程完成存储后,置 AUTO/HAND \rightarrow AUTO(上)。按照存储再现。这时,变更时钟试试看。

由实验可知,存储时和再现时的时钟也可以有差别。

可以慢速存储,快速再现。或者相反,快速存储,慢速再现,根据实验目的能够自由地选择。

其他使用方法

虽然上述说明都是将继电器连接在输出上,也可以用电阻代替继电器,在输出上换上电阻将电压输出(TTL 电平,0.5V 的数字信号)取出。

(1) 将输出加到 D/A 转换器(数字 \rightarrow 模拟转换)上,写入正弦波或者特殊波形的数据使它运转起来,就能够成为波形发生器的信号源。能够通过变更时钟大幅度地变更频率或者周期。

(2) 由于输出是 8 位数据,从它们中间抽出必要位数,可以作为:

三相交流的波形振荡的信号源、四相或五相的脉冲马达的驱动信号源、正弦或余弦的二相振荡的信号源等,只要你肯下工夫,能够想出各种各样的使用方法。

电路图

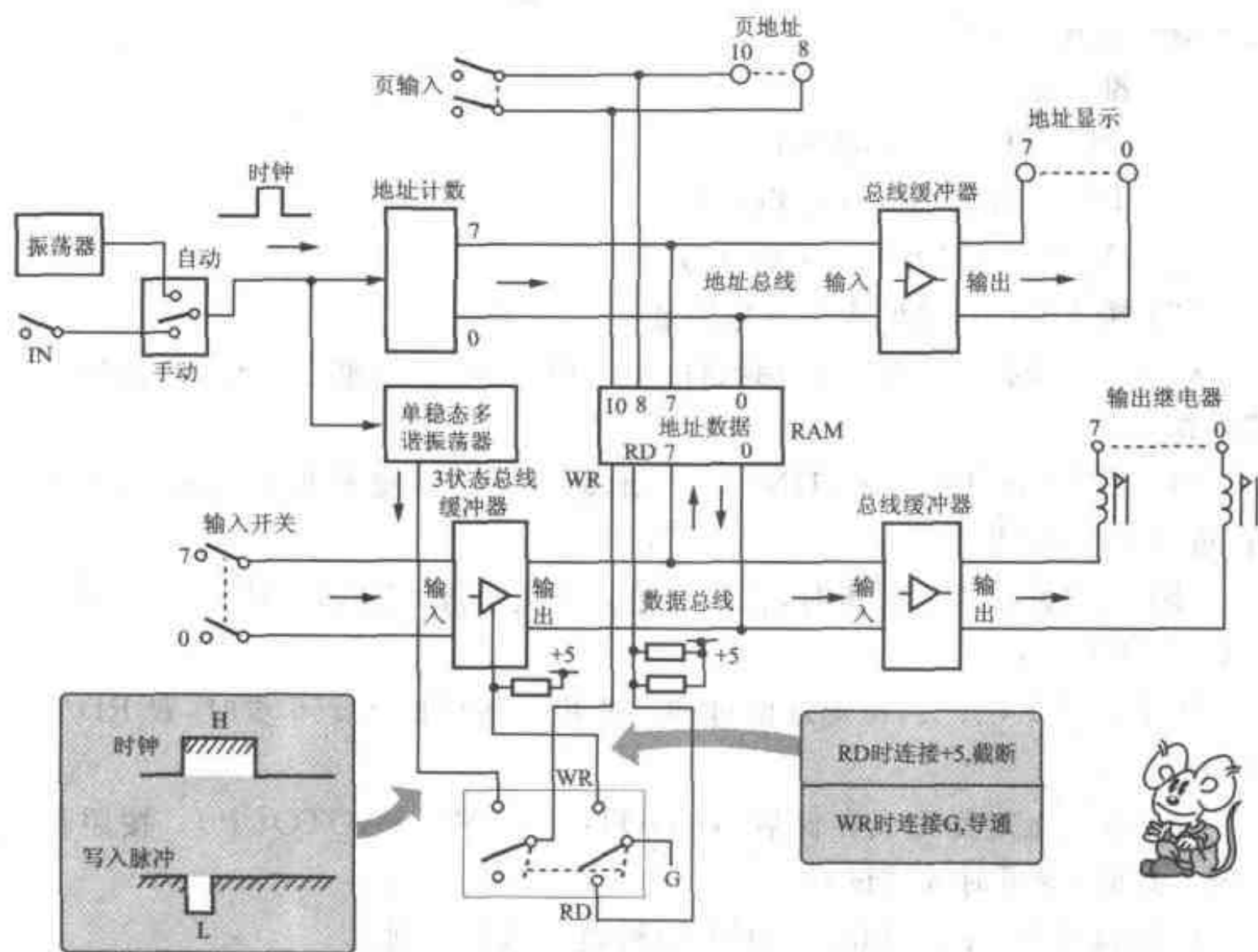


图2 电路的原理图

电路图的原理

图2是电路原理图。对具有微计算机知识的人来说,这是极简单的电路,但是对于没有微计算机知识的人来说,就有点难于理解。图3示出的是RAM的结构图。需要详细了解的读者请查阅厂家的资料。这种资料可以随处得到。图4是RAM的外部连线图。

为了在切断电源+5V跌落的情况下数据也不丢失,RAM用3V的干电池支持。如图所示,管脚24是+电源端子,通过二极管施加+5V电压。使用二极管的目的是使电池不向其他的电路流出电流。电池的电压也通过二极管施加。在该电路中,由于是通过二极管施加+5V的电压,管脚24的输入虽然降低约0.5V,成为4.5V程度,但是在该电压下能够充分动作。

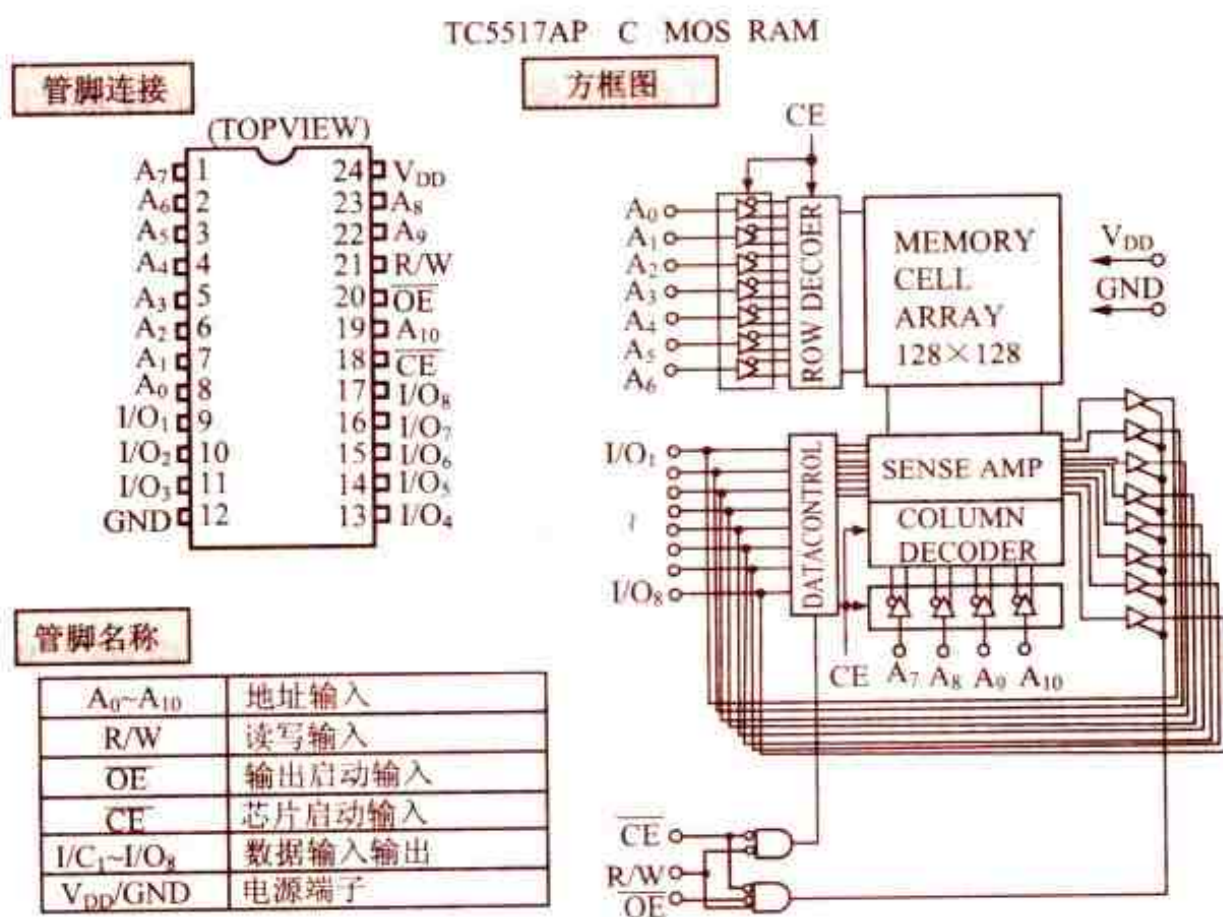


图3 RAM的结构图

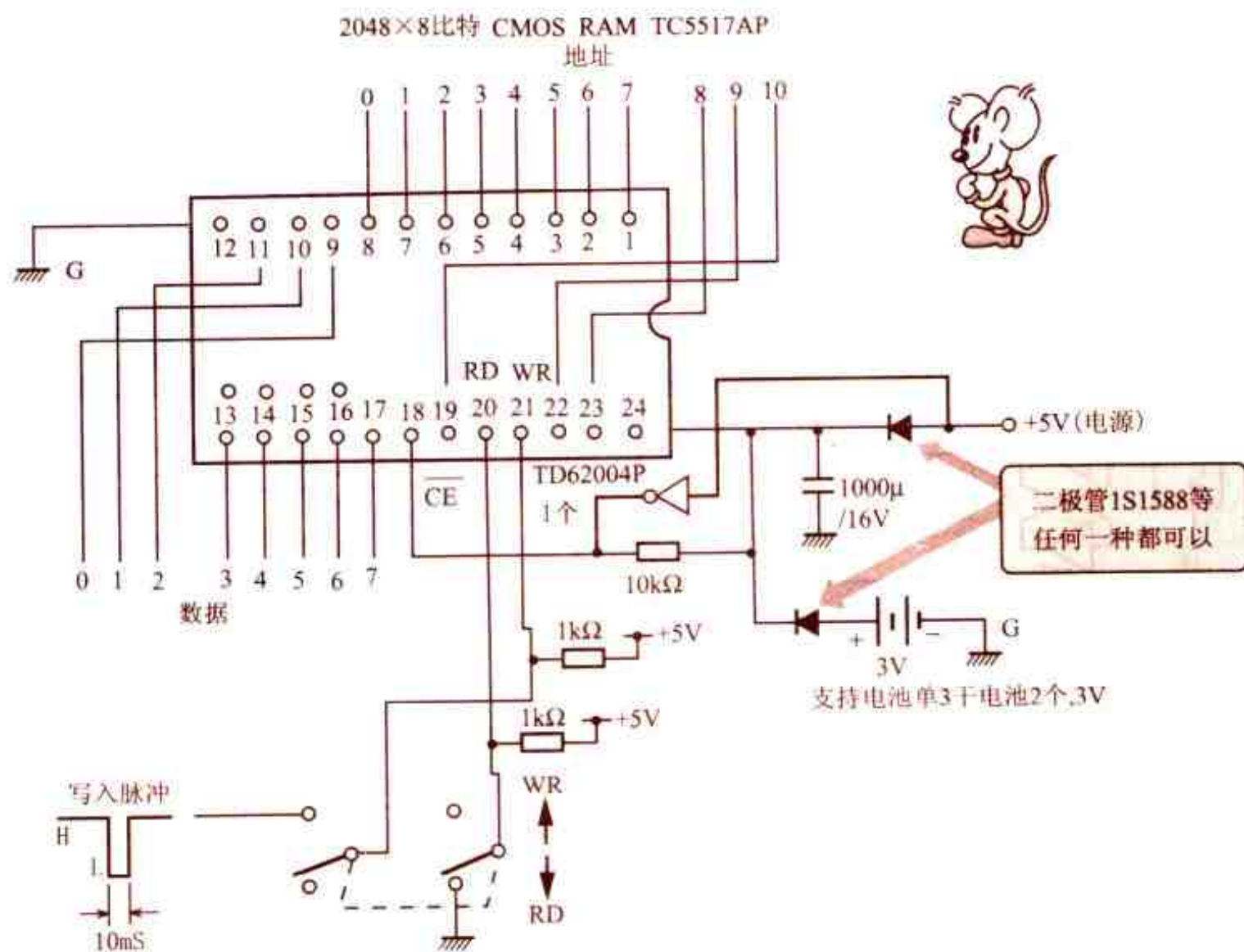


图4 RAM外部电路

如图4所示,虽然用 $10\text{k}\Omega$ 电阻将管脚 18 $\overline{\text{CE}}$ 与管脚 24 的+电源连接形成负载电路,这是该电路的长处,一旦将 $\overline{\text{CE}}$ 保持在+,地址端和数据端就同时开路以防止电池消耗。有它和没有它在支持时的保持电流有很大不同。

但是,在 $\overline{\text{CE}}$ 动作时必须降到 L(低电平 GND),如图所示,使用集电极开路的 TD62004P,在有+5V时施加+5V,将其反转把 L 电平施加到 $\overline{\text{CE}}$ 上。+5V 消失的时候,TD62004P 的输入+5V 也消失,输出侧变为开路,情况变好。

在资料中将管脚 20 作为 $\overline{\text{OE}}$,该端子用于读出。当下降到 L 电平时成为读出模式,如果是 H 电平(+5V)时,数据端子开路。用开关 RD 时降落到 L 电平,用 WR 时 $1\text{k}\Omega$ 的电阻是+5V 的负载电阻。在资料中将管脚 21 作为 R/W,该端子在写入时使用。在 RD 时 $1\text{k}\Omega$ 的电阻是+5V 的负载电阻。WR 时,施加用时钟脉冲形成的约 10ms 程度降到 L 电平的脉冲。

图5是制作时钟振荡和写入脉冲的单稳态多谐振荡器电路。(对这些电路不能充分理解的读者,请参阅《数字 IC 实验和工作手册》(OHM 社))。

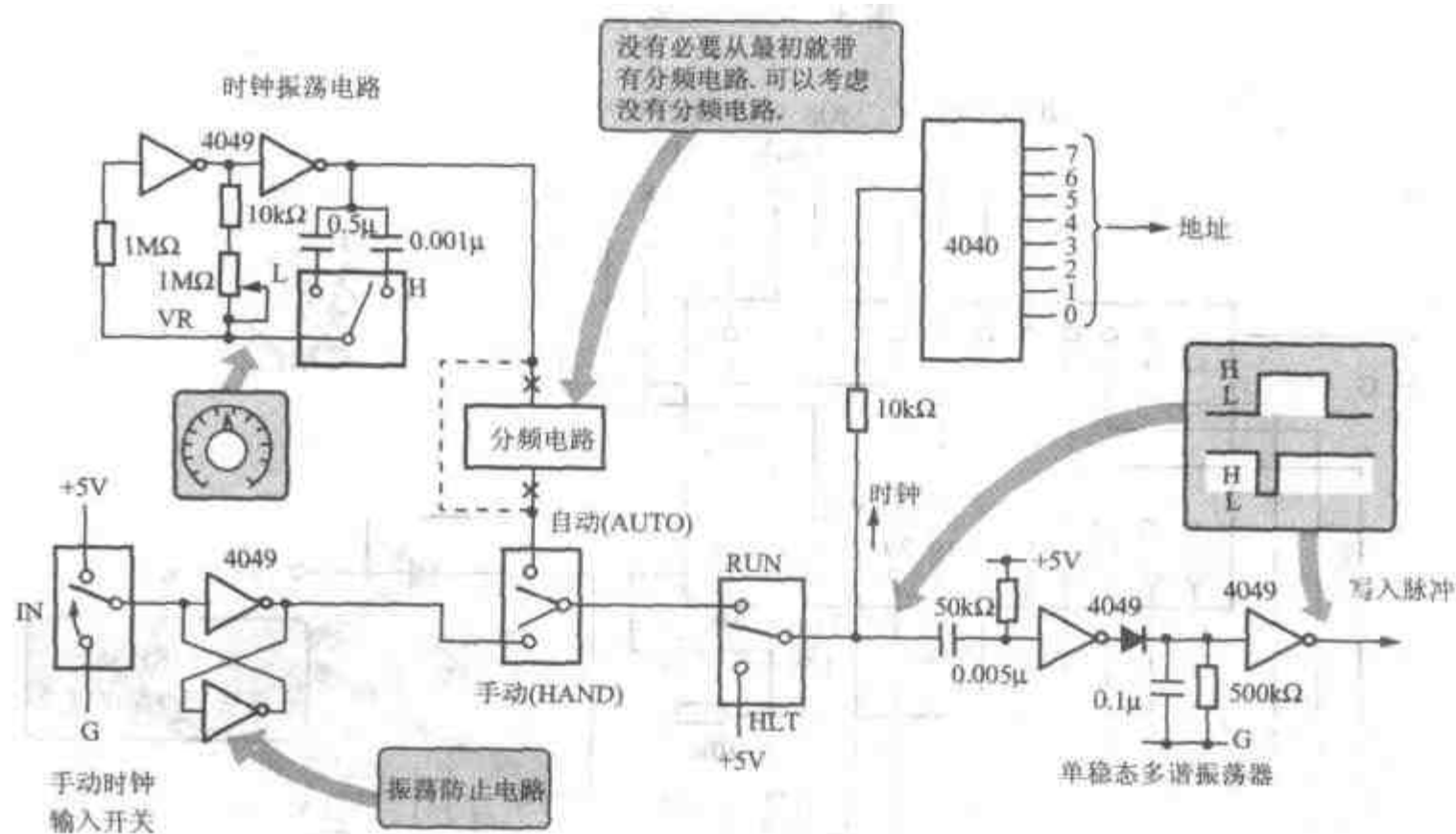


图5 单稳态多谐振荡器电路

仍参照图4,剩下的 RAM 的端子是地址 0~10 共 11 个,数据 0~7 共 8 个。

虽然数据 0~7 的 8 个是原样使用的,而地址 0~7 共 8 个和 8~10 共 3 个

是分别使用的。在地址 0~7 上施加地址计数器 4040 的输出,而 8~10 的 3 个是用开关施加。

图 6 是存储地图(memory map)。以 256 步作为 1 页(微计算机这样处理),有 0~7 共 8 页,由 8,9,10 的地址开关进行页的选择。1 页的 256 步由 4040 的二进制计数器做。

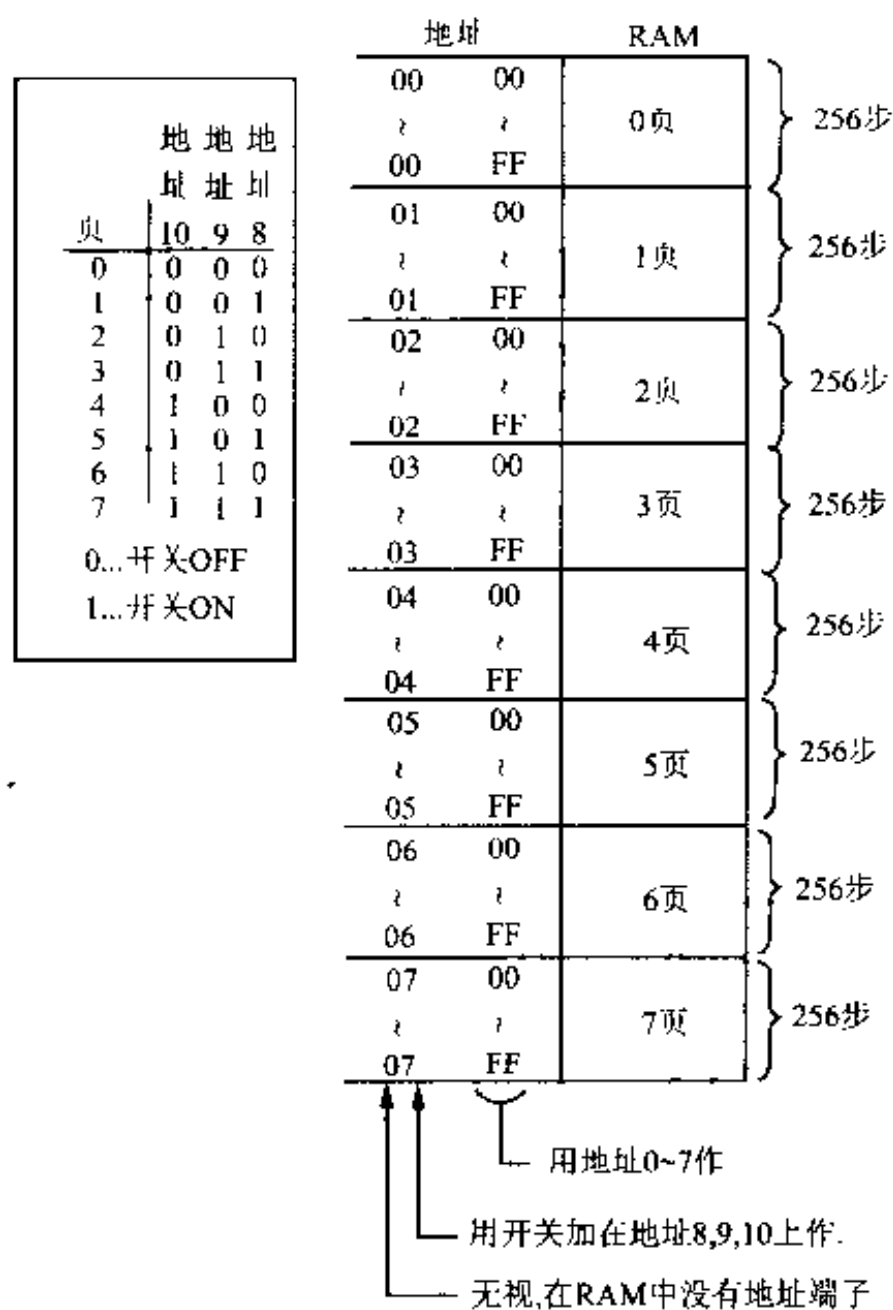


图 6 存储地址图

图 7 是 4040 的外部电路。4040 是 CMOS 的 12 级二进制计数器,是通用品种。

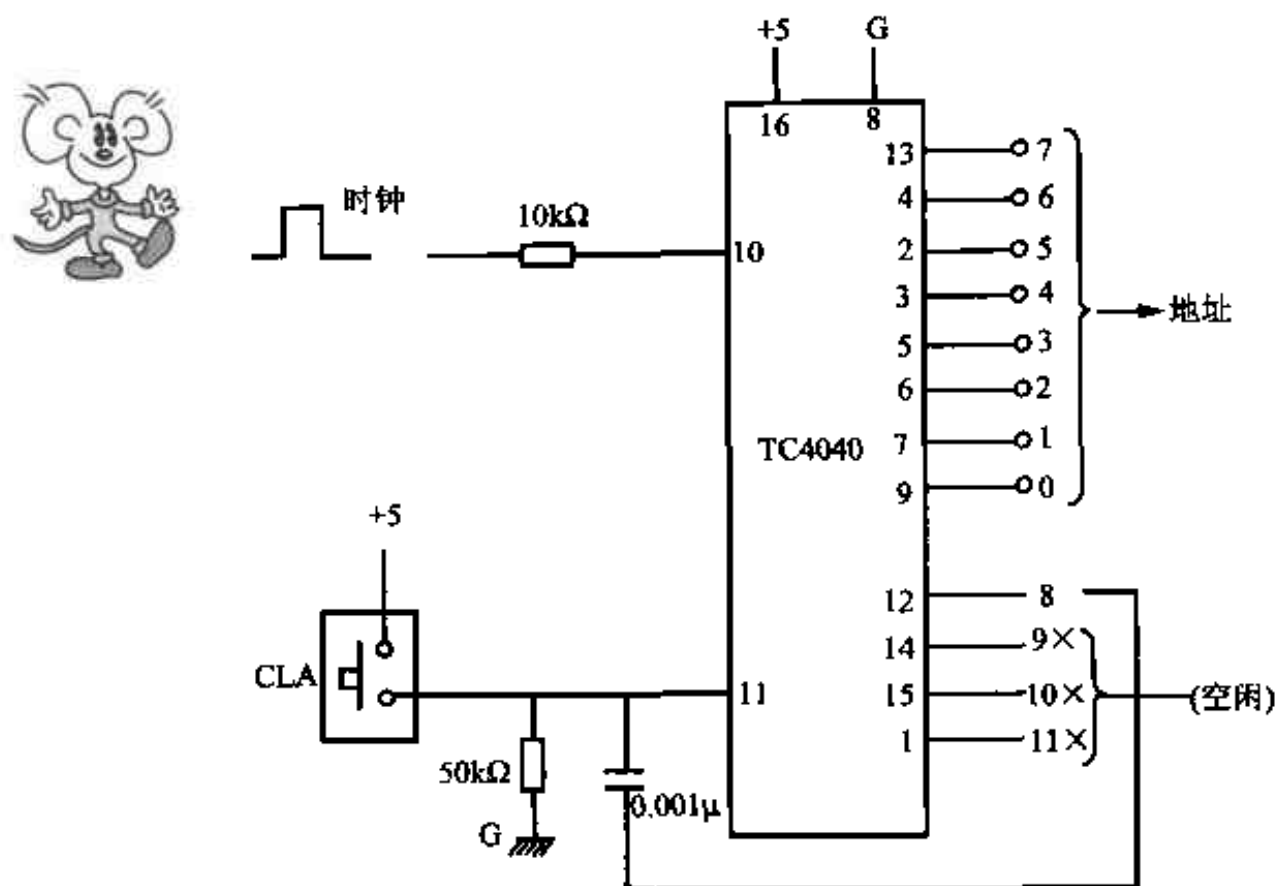


图7 4040 地址计数器的外围电路

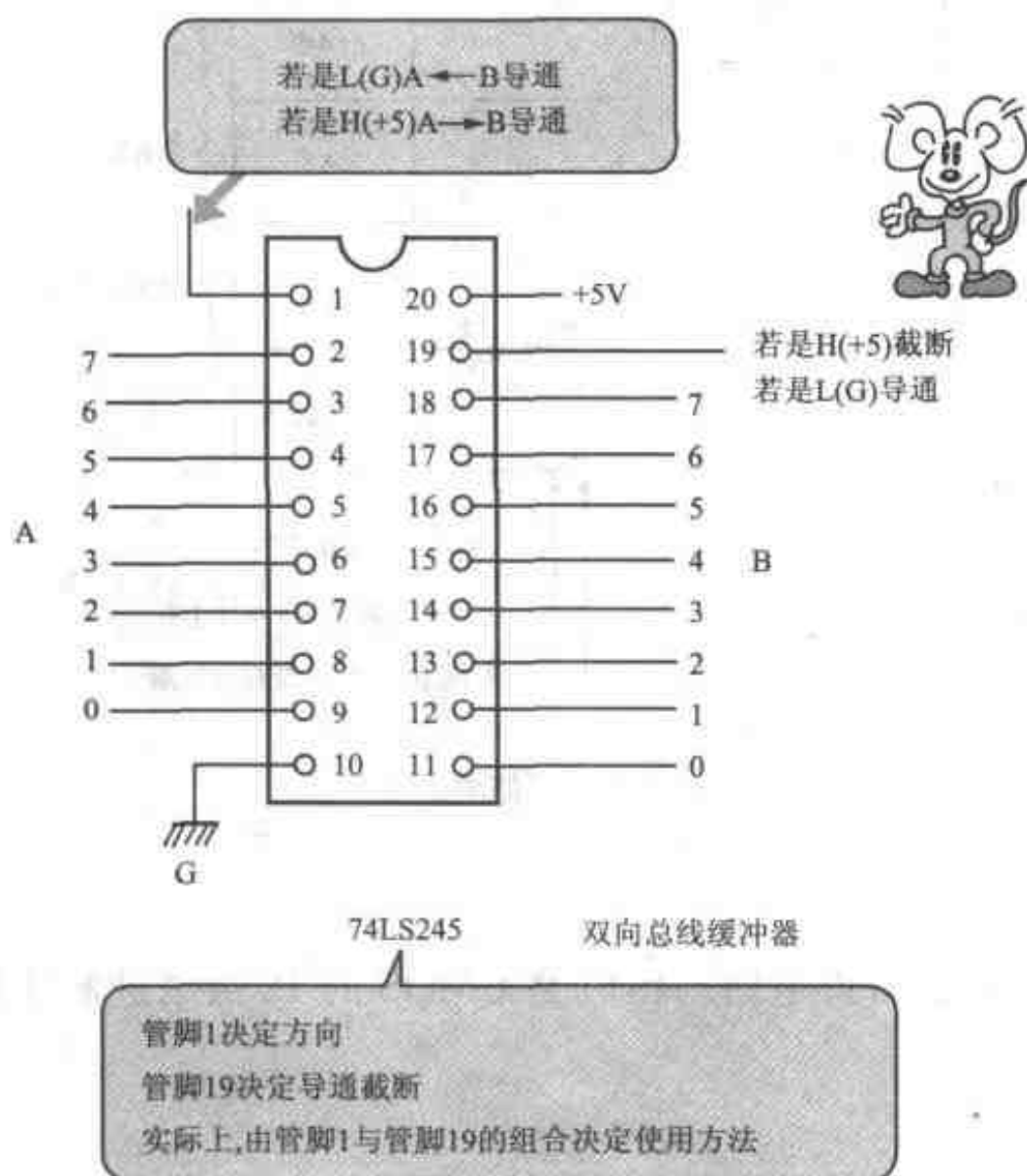


图8 总线缓冲器

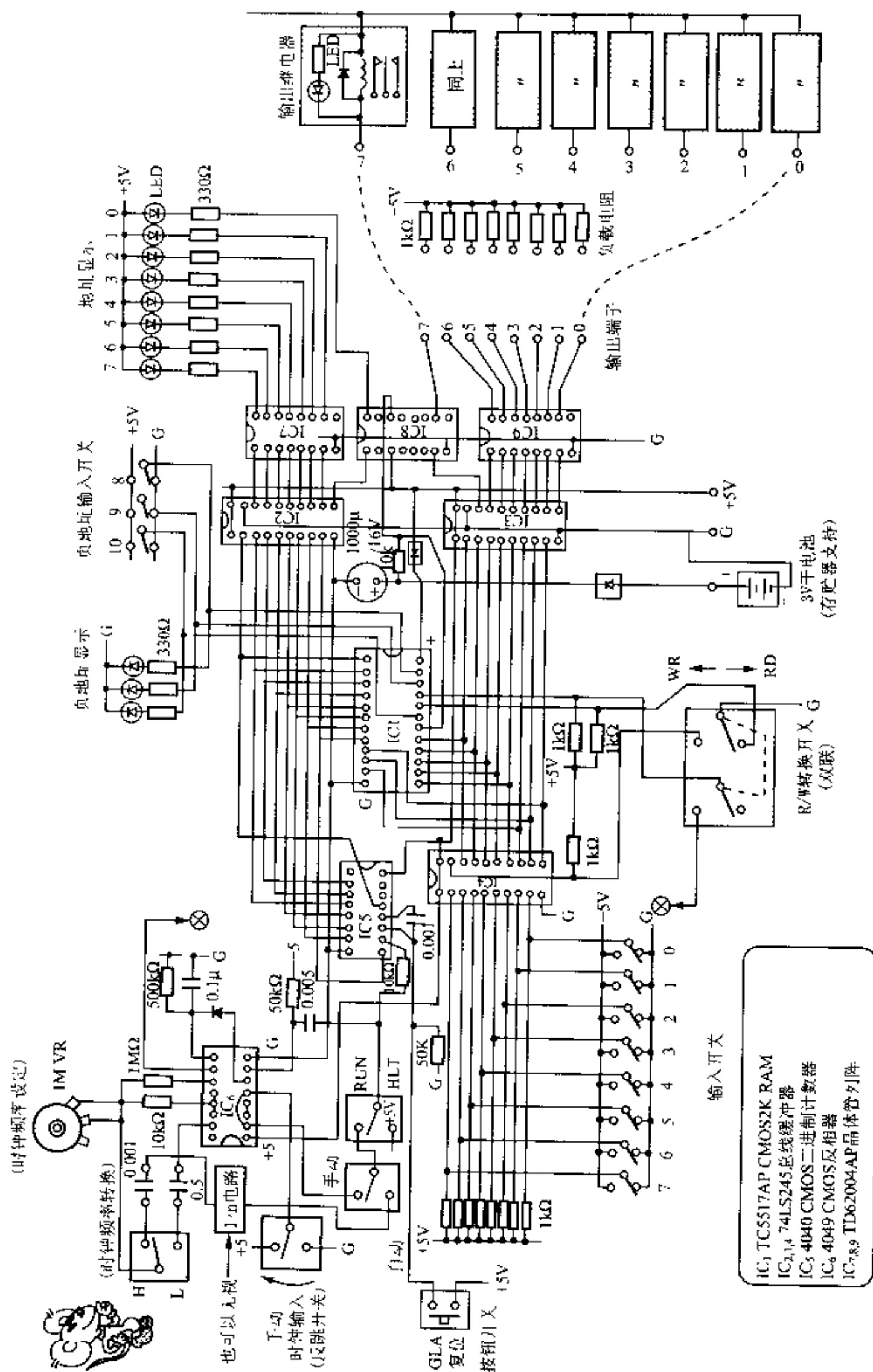


图 9 播放顺序发生器的电路图

如果仅仅有 0~7 的 8 级也可以,第 9 级的管脚 12 的输出通过 $0.001\mu\text{F}$ 施加在管脚 11 的 CLA(清除,RESET,也称为复位)端子上返回到开始。即使不作这些,原理上也没有问题。实验上也可以将 $0.001\mu\text{F}$ 拆掉试试看。 $50\text{k}\Omega$ 的电阻是绝对需要的。这是将管脚 11 预先降落到 L 电平(GND)的目的。在这里,如果施加 H 电平($+5\text{V}$),就被 CLA(复位)。

管脚 10 是时钟输入,通过 $10\text{k}\Omega$ 左右的电阻施加信号。虽然该电阻原理上是不用的,但是在实际的业务上有时也可用到它。

观察图 2 就能看到,在数据总线、地址总线上带有总线缓冲器的 IC。在微计算机的电路中,是有重要影响的 IC。

图 8 示出总线缓冲器 74LS245 的条件。当将它组装在微计算机上时,牢记该 IC 的管脚配置及管脚 1 和管脚 19 的条件是原则。图 2 的数据输入开关进入数据总线地方的总线缓冲器,在 WR 的时候,数据输入开关必须连接数据总线,在 RD 的时候,由于数据从 RAM 出来,输入开关必须预先从数据总线分离。进行该项工作的是管脚 19。

图 9 是总结上述内容的全电路的连线图。图 10 示出使 LED、继电器动作的放大用晶体管阵列 TD62004AP。

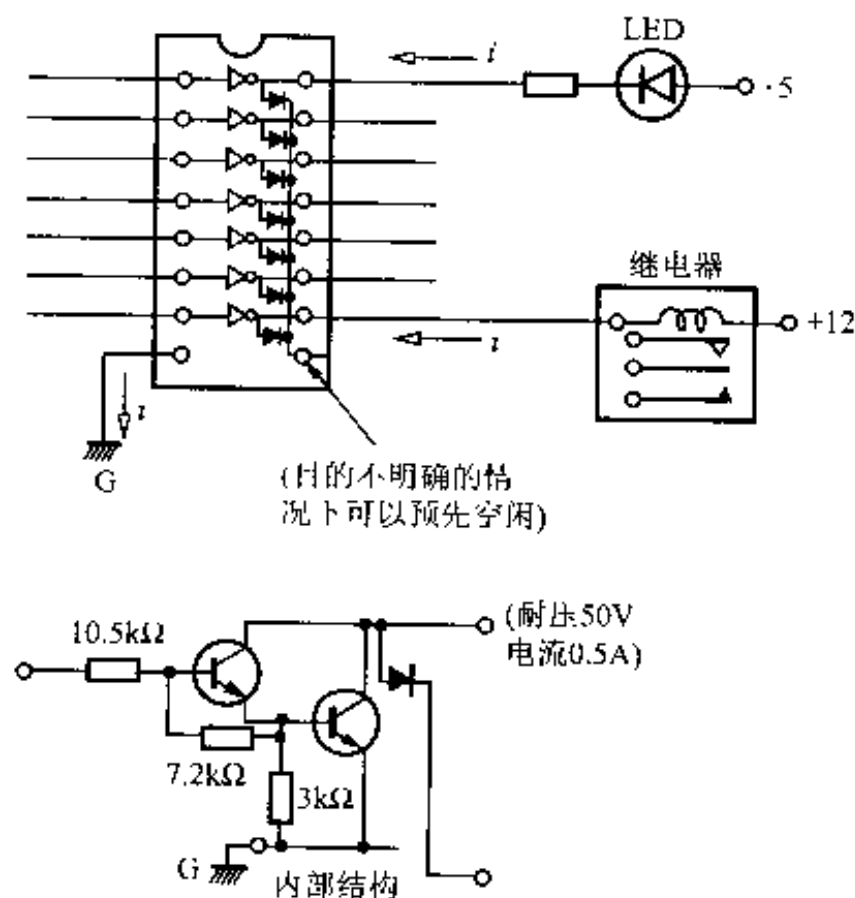


图 10 TD62004AP

虽说该 IC 可以看作是晶体管,它的耐压达到 50V ,能够流过 0.5A 电流,实际上,在 24V 以下、 100mA 程度使用较合适。它是能够与 LED、 12V 或者 24V

的继电器直接连接的方便的 IC。

图 11 是在图 9 中加入 $1/n$ 分频电路的部分, 如果根据实验目的也可以随后再安装该电路部分。一看就明白, 将时钟分频, H/L, 例如用开关或者继电器 (0~7 的输出继电器的那一个) 进行切换、得到例如 $1/2$ 和 $1/8$ 那样的分频。这将在后面的使用方法的实验中提出。图 12 示出了电源。

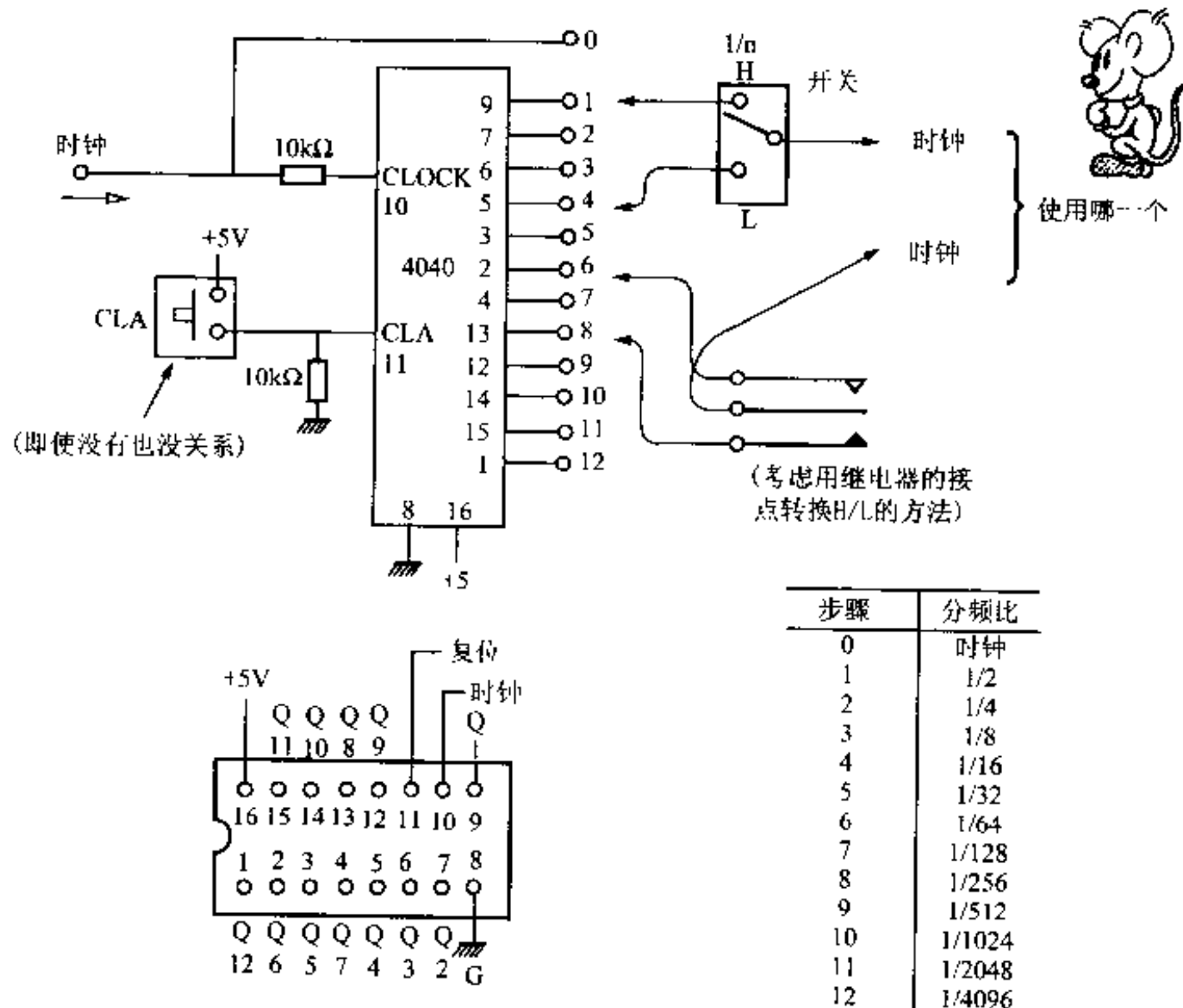


图 11 $1/n$ 分频电路

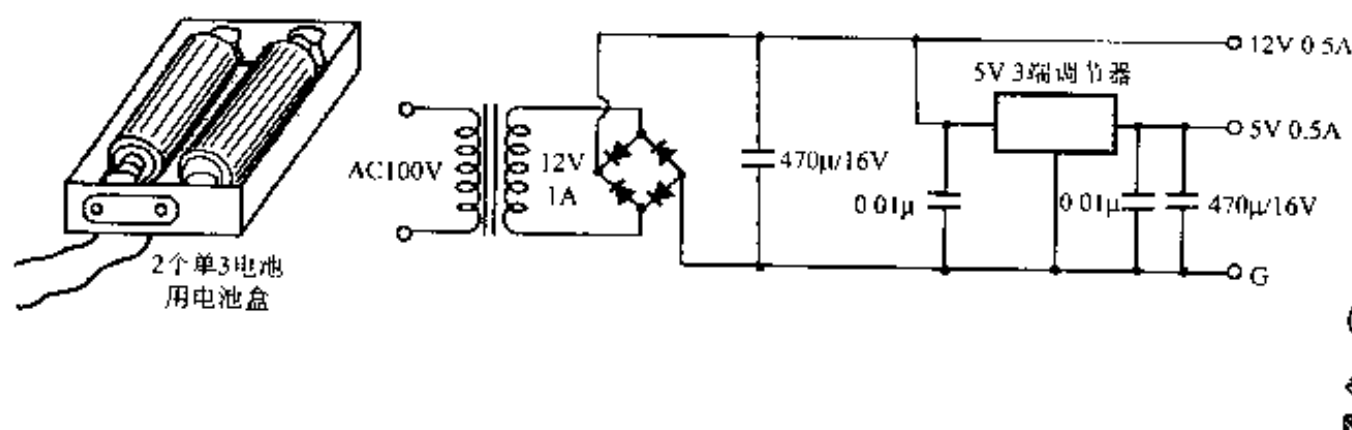


图 12 电源

制作

图 13 是印制电路板的一个例子。由于图形的缘故有表面连接线。

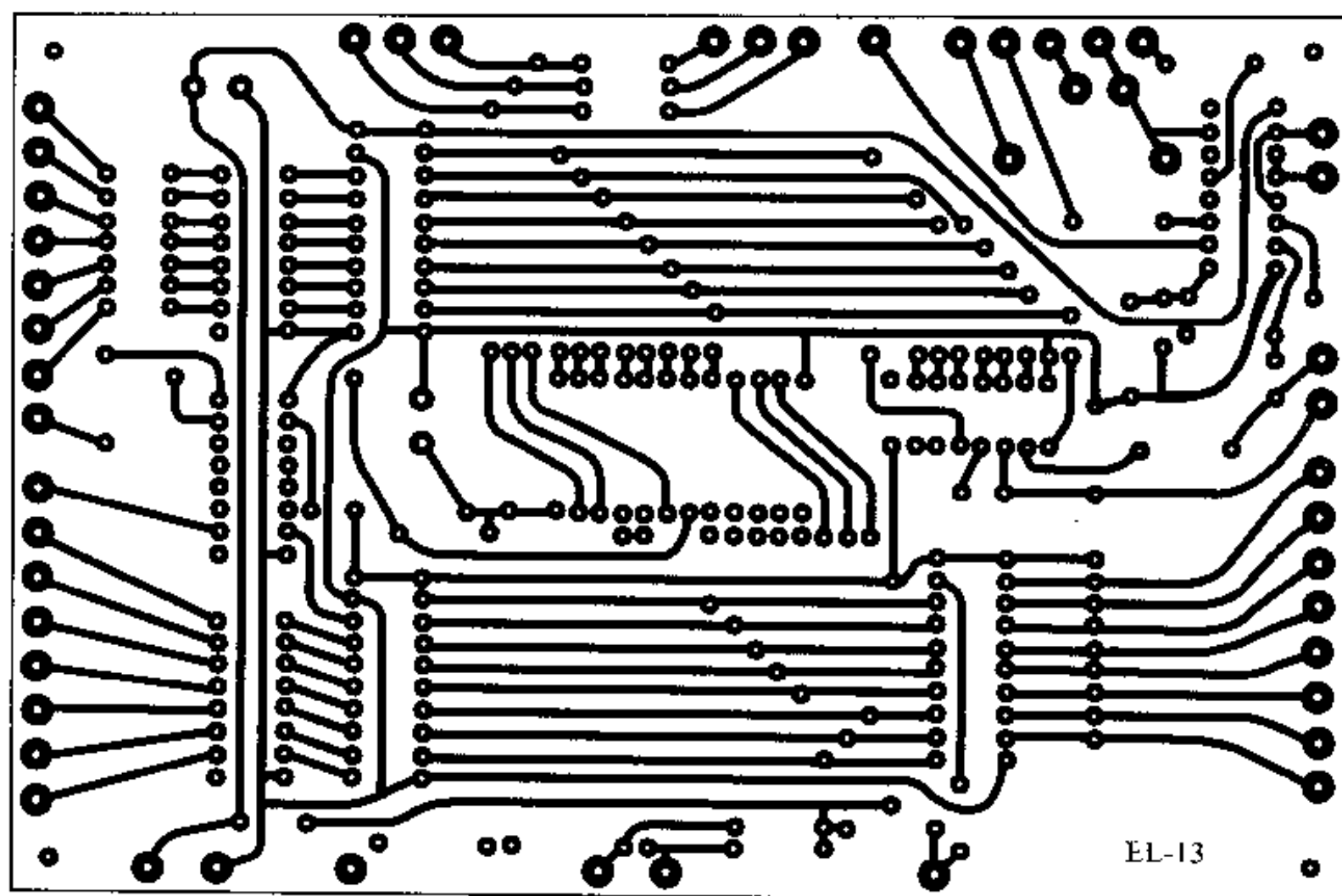


图 13 印制电路板图(原尺寸大小)

图 14 是以印制电路板为中心的实物布线图。参照该图就能理解配电盘上的开关、继电器等与印制电路板的连接。

在机箱、底壳上下些工夫,就能以你喜好的形式完成制作。

部 件

IC ₁	TC5517AP 8 位 2K C MOS RAM	……1 相当产品也可以
IC ₂ ~ IC ₄	74LS245 总线缓冲器	……3 也有 C MOS
IC ₅	4040 12 级二进制计数器 C MOS	……1(2) 通用品种
IC ₆	4019 缓冲反相器 C MOS	……1 通用品种
I ₇ ~ I ₉	TID62004AP 晶体管阵列	……3 相当产品也可以
IC 管座	与 IC 数同	
LED	11 个, 与输出继电器并联安装时是 19 个	
输出继电器	DC12V 小型继电器, 可以根据喜好选择, 哪个都可以	
开关	输入开关 8 个	
	地址开关 3	
	RUN/HLT, AUTO/HAND, H/L, 1/nH/L, ……4	
	RD·WR 2 联 ……1	
	IN 反跳式开关 ……1	
	CLA 按钮式开关 ……1(2)	
电源	图 12 所示电路一套 (请对照电路图)	
电阻, 电容, 二极管类	一套 (请参照电路图)	
1MΩ VR, 旋钮		
印制电路板		
底盘(机箱)		



运转, 使用方法

(1) 步进输入方式

如最初说明的那样, 相互间用任意开关 1 步使继电器 ON, OFF, 是将它的条件存储下去的方式, 是最基本的手法。

(2) 自动步进方式

这也与最初的说明同样。

该二种方式在装置完成后如果经多次练习, 自然就会理解, 应该考虑实际应用到什么地方方法。由于是机械, 必须熟悉它的运转操作。

(3) 在 256 步的中途使它重复的方法

如果是微计算机用程序就能特别简单地实现, 但是在该装置中却不能简单

实现。作为一种方法,如图 15 所示,考虑将继电器 7 与 CLA(返回到开始)用对照的方法。

因此,用输出继电器 0~6 的 7 个继电器进行所要做的工作,步进前进,当希望在这里结束时,使第 7 个继电器 ON,将这个预先存储好,一旦继电器 7 ON 时,CLA 的按钮开关就成为“按下”状态,重复迄今为止的步骤。

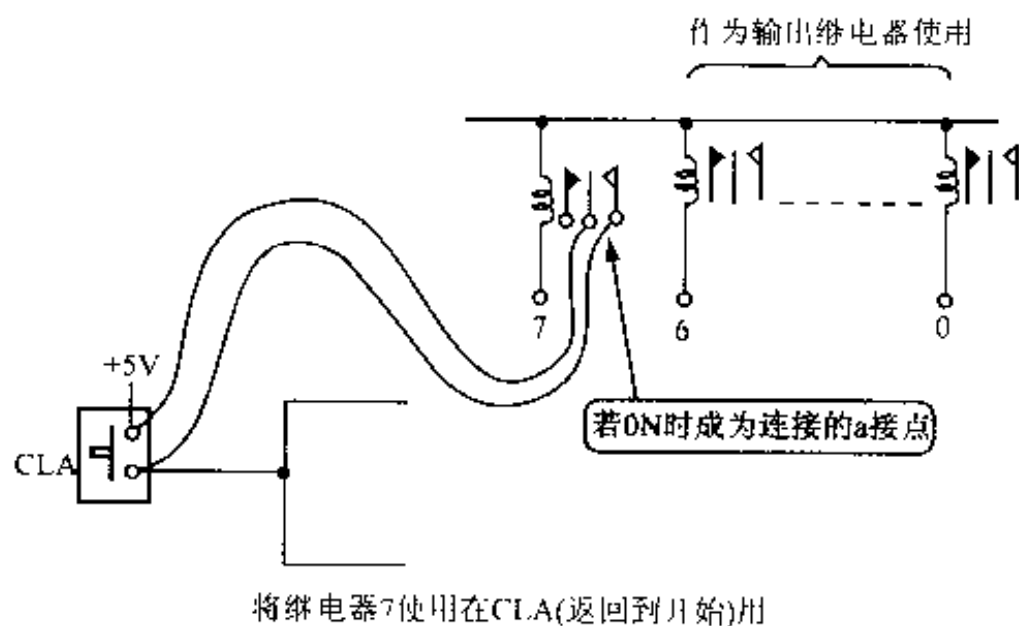


图 15

(1) 在步进的中途自动变更时钟速度的方法

如图 16 所示,将继电器 7 与 H/L 切换用比较,预先决定好继电器如果是 OFF 为高速,如果是 ON 为低速。例如,在使步骤顺序存储下去时,当希望该步骤在短时间结束的时候,使继电器 7 也同时存储 ON。由于希望该步骤长时间保持,所以也考虑将继电器 7 号 OFF 存储等方法。 $1/n$ 的分频电路的分频比示于图 11。

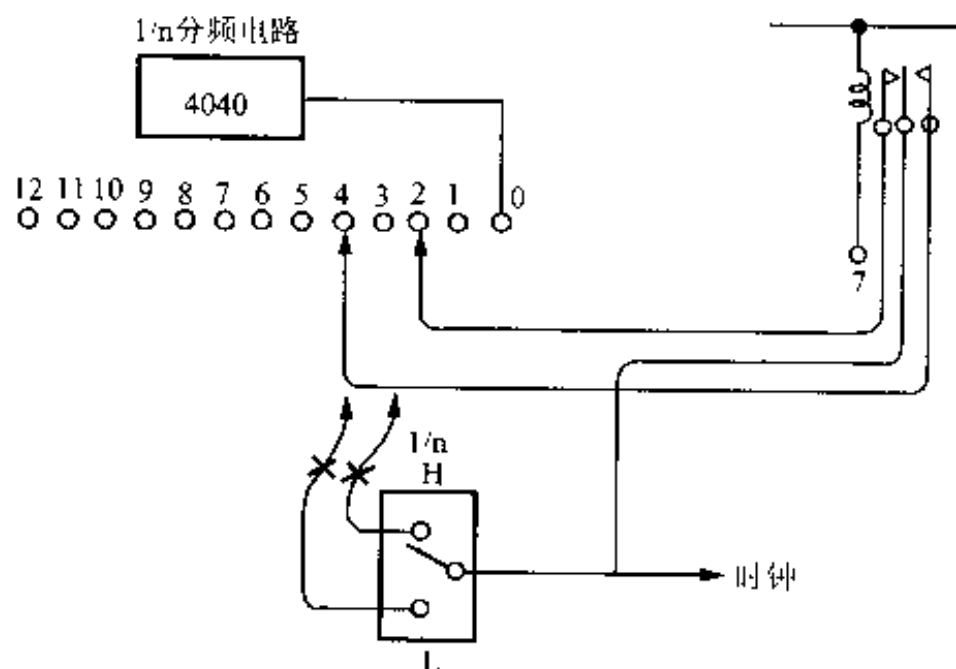


图 16 用继电器的接点进行 H/L 切换的方法

// 第2章 电力电子技术入门

例如,用 $1\text{M}\Omega$ 的 VR 和 H/L 切换开关将原振荡的时钟设定为 1 秒周期时,

$1/n$ 分频的 H.....0 步1 秒

$1/n$ 分频的 L.....6 步64 秒(约 1 分)

12 步1.1 小时

当对原振荡的周期进行微调时,能够调整几乎 1 分、1 小时。若将原振荡使用水晶振子,能够正确的调整 1 秒,或者 1 分、1 小时,按照使用目标有的情况下也是有益的。

另外,假如在时钟为 1 秒,希望保持 3 秒钟的时候,用 3 步相同形状前进应该可以。现在,将 $1/n$ 分频的 H/L 置于 L 时,就能将原振荡调整为 10 分周期。由于 1 小时是 6 步,24 小时则为 144 步,也可以考虑决定将 1 天以 10 分钟为间隔使电灯点亮、熄灭,使冰箱 ON、OFF,确定洒水等的时间表等等,使之按时间表运转。

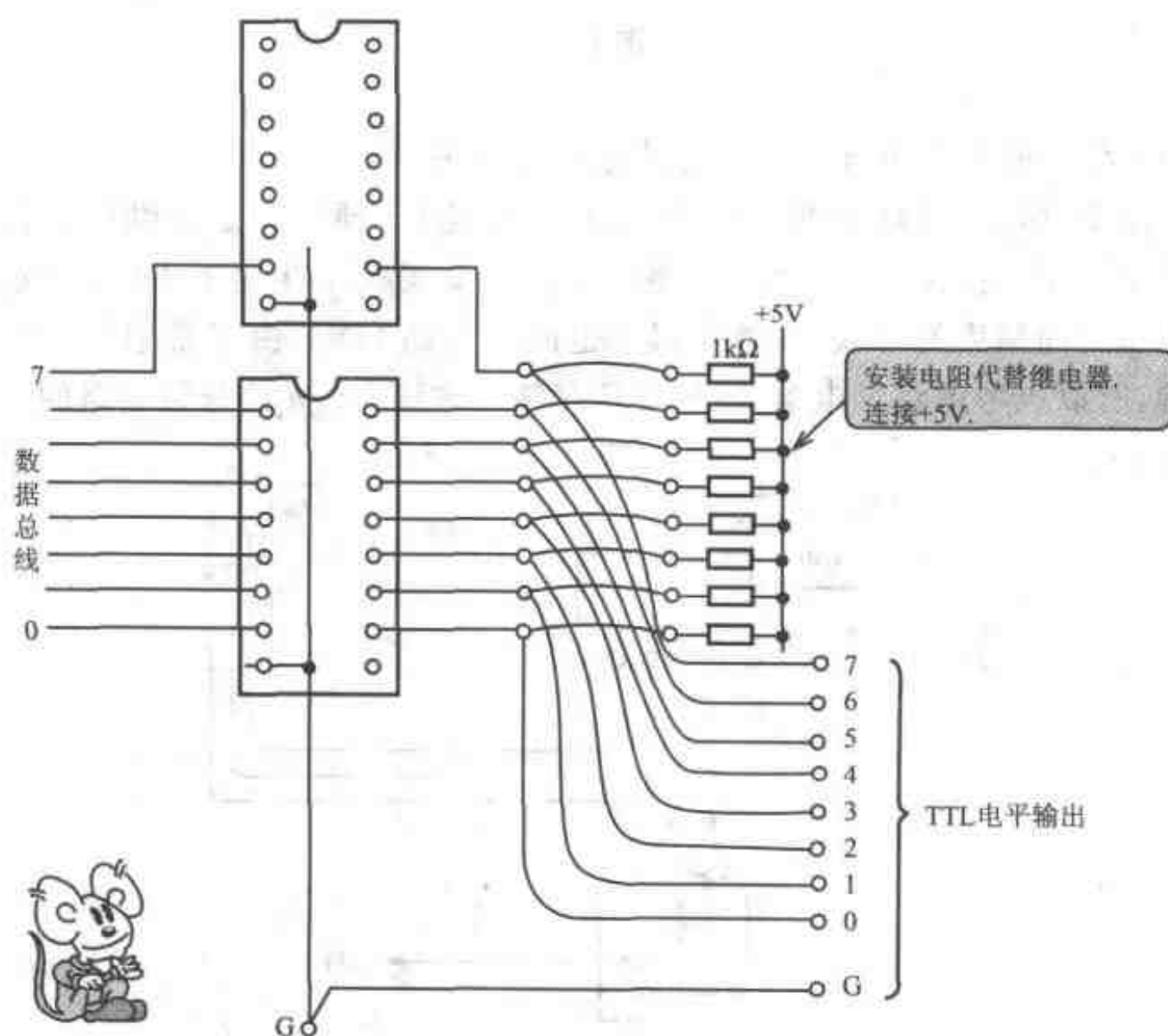


图 17

(5) 页面的变更

页面的变更,由于用手动选择目标的页面即可,用开关 8、9、10 决定 0~7 的任意的页面,使它预先存储各种各样的目标动作,确定必要的页面使其运转即可。

例如,可以联想到由金属铸模存储运转操作的时间经过不同的制品的运转顺序时,0 页存储该金属铸模,1 页存储那个金属铸模,应该能够存储 8 种类型。如果金属铸模决定了,取出那一页使之运转即可。

当存在因星期而顺序不同的操作时,也可以同样考虑。

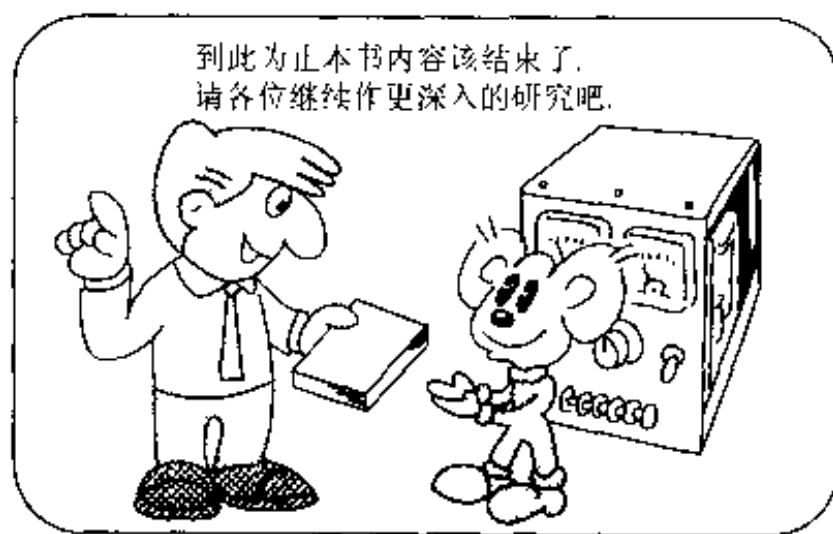
(6) 作为数字输出的取出方法

如图 17 所示,用电阻代替继电器连接到 +5V 上,就能够取出作为 TTL 电平的数字信号输出。

虽然这里没有触及究竟将这 8 位数字信号使用到什么地方问题,但是只要你把这件事放在心上,认真思考的话,有很广泛的应用范围能想到的。请考虑向什么地方应用的问题。

总之,对于除以上要求以外的情况,与其挖空心思去对应,不如使用 CPU 向微计算机上发展更好。

还没有想到利用微计算机的读者,如果有这种想法,请打开《控制用微计算机的制作方法和使用方法》(OHM 社)一书看一看。那里讲的不过是现在提出的装置的延长线上的技术。



[G e n e r a l I n f o r m a t i o n]

书名= b o o k _ 1 1 1 1 9 0 1 6

作者=

页数= 1 8 9

S S 号= 1 1 1 1 9 0 1 6

出版日期=

录

第 1 章 电子电路的基础知识

- 1 熟悉电路图——简单电路图的读法和画法
- 2 电阻器的选择方法——色标的读法
- 3 电容器的特点
- 4 万用表的使用方法 与其学习原理不如习惯其用法
- 5 了解发光二极管 (L E D) ——熟练使用 L E D
- 6 活用 L E D ——求出限流电阻
- 7 示波器的使用方法——用波形观察看不见的 “ 电 ”
- 8 二极管和晶体管的工作原理
- 9 晶体管的特性
- 1 0 电源整流电路的结构
- 1 1 晶体管放大电路
- 1 2 晶体管应用电路——学习使用传感器

第 2 章 电力电子技术入门

- 1 实验装置用土 4 ~ 1 8 V 稳压电源的制作
- 2 可变型 3 端调节器 (使用 L M 3 1 7、L M 3 3 7) 实验用电源的制作方法
- 3 镍镉电池用 5 0 0 m A 恒流式充电器的制作
- 4 晶闸管式 1 0 A 恒流型充电器的制作方法
- 5 5 V / 2 A 开关式稳压电源 (使用 μ A 7 2 3) 的制作方法
- 6 4 ~ 1 3 V / 2 A 开关式稳压电源 (使用 S G 3 5 2 4) 的制作方法
- 7 5 V / 5 A 开关电源的制作方法
- 8 电源转换器 D C 1 2 V A C 1 0 0 V 5 0 H z / 6 0 H z 正弦波输出 4 0 W 转换器的制作方法
- 9 电源转换器 D C 1 2 V A C 1 0 0 V 5 0 H z / 6 0 H z 正弦波输出 1 0 0 W 转换器的制作方法
- 1 0 温度传感电路的制作方法和调整方法
- 1 1 测量水溶液电导率 (溶液的电阻值) 的传感电路的制作及调整方法
- 1 2 功率因数或无功功率 (无功电流) 传感器的制作
- 1 3 播放顺序发生器的制作方法